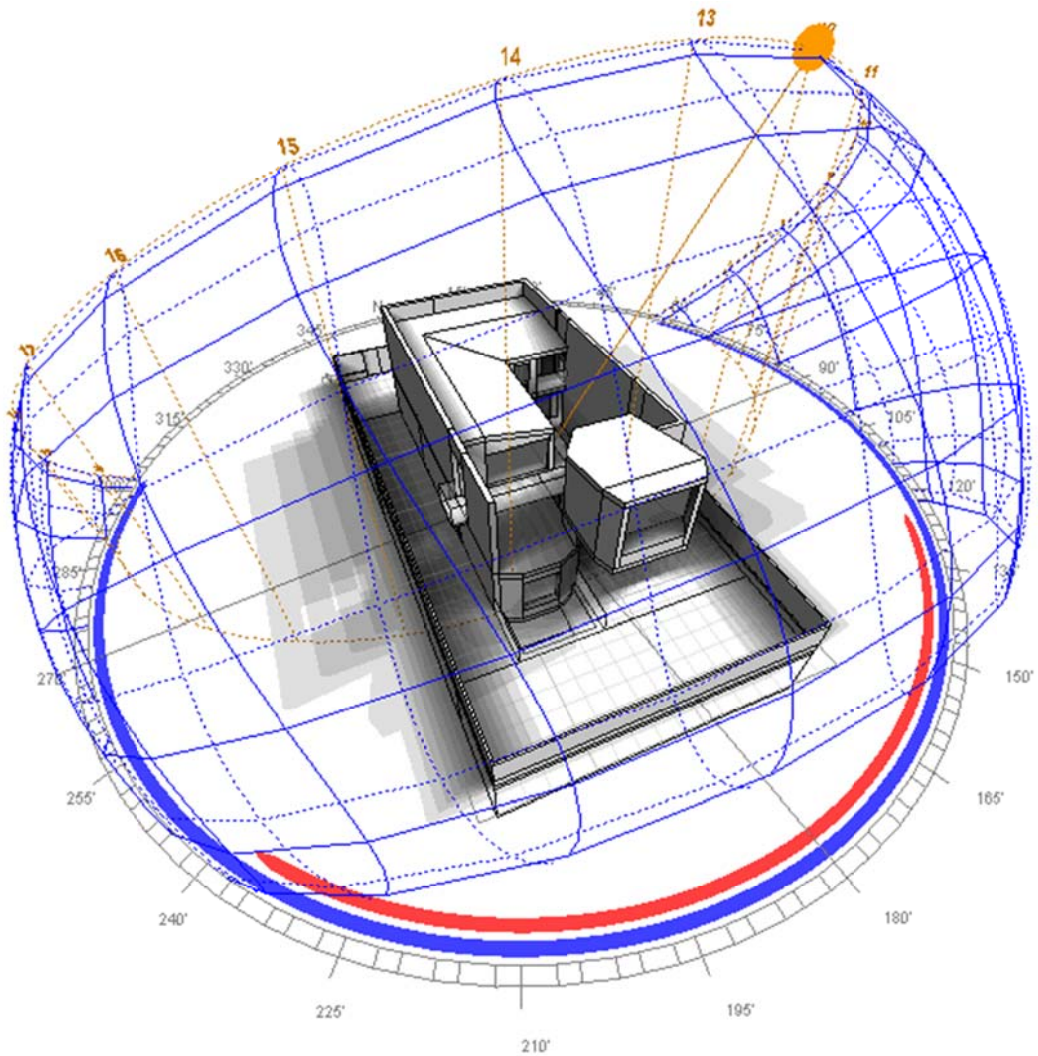




CASA EZRA POUND. ANÁLISIS ENERGÉTICO COMPLETO

MLDG

Martín León Design Group

JORGE LEÓN
Arquitecto. Dr. Historia del Arte

LUIS JULIÁN PEREZÁBAD
Arquitecto. Consultor Energético

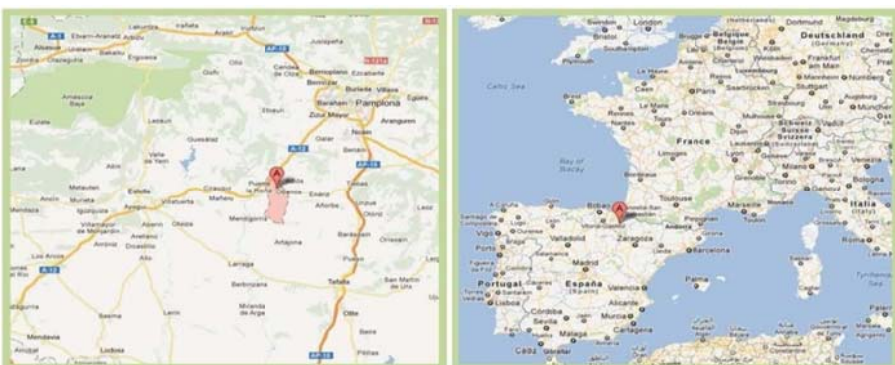
Índice

1 Estudio meteorológico	3
1.1 Ficheros de clima	3
1.2 Temperaturas	4
1.3 Humedad relativa	7
1.4 Radiación solar	9
1.5 Vientos predominantes.....	13
1.6 Guías de diseño	16
Horas de confort y Estrategias de diseño	18
2 Análisis de la radiación solar y la iluminación	21
2.1 Análisis de sombras	21
2.1.1 Patio	24
2.1.1.1 Patio 1	24
2.1.1.2 Patio 2	26
2.1.2 Ventana estudio	27
2.1.3 Ventana dormitorio principal.....	28
2.1.4 Ventana salón	31
2.2 Radiación solar incidente.....	33
2.2.1 Cálculo de insolación.....	35
2.2.1.1 Insolación en el patio.....	35
2.2.1.2 Insolación en ventana del salón	37
2.2.2 Cálculo de exposición solar	39
2.2.2.1 Radiación solar total incidente	39
2.2.2.2 Radiación solar incidente directa y difusa	42
2.3 Iluminación natural	48
2.3.1 Cálculo de iluminación natural.....	48
2.3.1.1 Salón	49
2.3.1.2 Cocina	52
2.3.1.3 Dormitorio principal	54
2.3.1.4 Dormitorio 2	56
2.3.1.5 Dormitorio-estudio	58
2.3.1.6 Estudio	60
2.3.2 Parámetros lumínicos dinámicos	62
2.3.2.1 Daylight Autonomy (DA).....	62
2.3.2.2 Continuous Daylight Autonomy (DA _{con}).....	64
2.3.2.3 Useful Daylight Illuminances (UDI)	65
2.3.2.4 Maximum Daylight Autonomy (DA _{max})	66
3 Análisis térmico	68
3.1 Parámetros de análisis	68
3.2 Análisis de los sistemas de climatización.....	70
3.2.1 Calefacción	70
3.2.2 Refrigeración	71
3.3 Resultados del análisis térmico	72
3.3.1 Balance térmico	72
3.3.2 Consumo energético	82
4 Ventilación natural	87
4.1 Aerodinámica del edificio	87
4.2 Análisis interior.....	96

1 Estudio meteorológico

1.1 Ficheros de clima

Provincia	Navarra
Ciudad / pueblo	Obanos
Estación próxima	Adiós MARM
Altitud (m.)	412
Latitud	N 42º 40' 46"
Longitud	O 1º 47' 8"
Rango de años de observación	8 años



Para la realización de los cálculos del estudio, se generan diversos ficheros climáticos para la ubicación en Obanos (Navarra).

La siguiente tabla muestra los valores medios mensuales para un periodo de 8 años de las siguientes variables:

- Ta: Temperatura del aire (°C)
- Ta min: Temperatura mínima 8años (°C)
- Ta dmin: Media de las mínimas diarias (°C)
- Ta max: Temperatura máxima 8años (°C)
- Ta dmax: Media de las máximas diarias (°C)
- RH: Humedad relativa (°C)
- H_Gh: Irradiación de la radiación global horizontal (kWh/m²)
- SD: Duración de la insolación (h/día)
- RR: Precipitación (mm)
- RD: Días de precipitación
- FF: Velocidad del viento (m/s)
- DD: Dirección predominante del viento
- Ta_TerSup: Temperatura del terreno en la superficie
- Ta_Ter4.0: Temperatura del terreno a 4.0 m. de profundidad

Mes/Variable	Ta	Ta min	Ta dmin	Ta max	Ta dmax	RH	H_Gh	SD	RR	RD	FF	DD	Ta_TerSup	Ta_Ter4.0
Ene.	4	-7,8	-1,2	16	9,4	82	48	9,3	43	6	2,08	N	4,8	8,9
Feb.	6	-5,4	0,7	18,6	11,3	74	77	10,5	54	4	2,62	N	6,2	8,6
Mar.	8	-2,3	2	21,6	13,6	70	120	11,8	65	4	2,81	N	9,1	9,3
Abr.	11	-1,1	4,9	22,6	15,9	72	151	13,2	77	6	2,47	N	11,8	10,4
Mayo	15	2,5	9,1	26,3	20,1	69	190	14,5	60	7	2,25	N	16,9	12,9
Jun.	19	8	13,1	31,1	23,6	62	210	15,1	51	4	2,53	N	19,6	14,9
Jul.	21	10,4	15,2	33,3	26	60	226	14,8	21	3	3,03	N	20,3	16,1
Ago.	21	9,8	15,1	33	26,3	61	189	13,7	23	4	2,91	N	18,9	16,5
Sept.	18	6,8	11,8	29,4	23,2	64	144	12,3	40	5	2,62	N	15,8	15,7
Oct.	14	2,9	8,5	27,3	19,5	69	95	10,9	51	8	2,77	N	11,9	14,1
Nov.	9	-2,3	3,7	22,9	14	77	56	9,6	62	6	2,50	N	8	12
Dic.	5	-7,9	-0,1	17,1	10,2	80	44	8,9	46	7	2,13	N	5,5	10,1

Figura 1. Valores promedio para cada mes del año en Obanos.

A su vez, otro fichero contiene datos meteorológicos medios de un periodo de ocho años con 78840 valores horarios a lo largo del año de:

- Temperatura seca (°C)
- Humedad relativa (%)
- Radiación directa normal (Wh/m²)
- Radiación global horizontal (Wh/m²)
- Radiación difusa horizontal (Wh/m²)
- Velocidad del viento (m/s)
- Dirección del viento
- Grado de nubosidad (%)
- Precipitación (mm)

Los datos generados han sido calibrados a partir de los datos oficiales proporcionados por el Departamento de Desarrollo Rural, Industria, Empleo y Medio Ambiente del Gobierno de Navarra para la estación meteorológica de Adiós (MARM).

1.2 Temperaturas

Estación	Ta media (semana típica)		Ta extrema (semana más calurosa)		Ta extrema (semana más fría)	
Primavera	11,28 °C	12 Abril - 18 Abril				
Verano	20,32 °C	22 Junio - 28 Junio	33,30 °C	17 Agosto - 23 Agosto		
Otoño	13,59 °C	20 Octubre - 26 Octubre				
Invierno	4,91 °C	1 Diciembre - 7 Diciembre			-7,90 °C	22 Diciembre - 28 Diciembre

El estudio de la evolución de la temperatura exterior para un día típico de cada mes, revela que la mayor parte del año la temperatura media diaria está por debajo de los valores de neutralidad térmica. Solo en las horas centrales de los días típicos de Junio, Julio, Agosto y Septiembre la temperatura media alcanza valores de confort térmico. En el resto del año, la temperatura media diaria está por debajo de los valores de confort, indicando que se necesitará aporte de calor para alcanzar dichas condiciones.

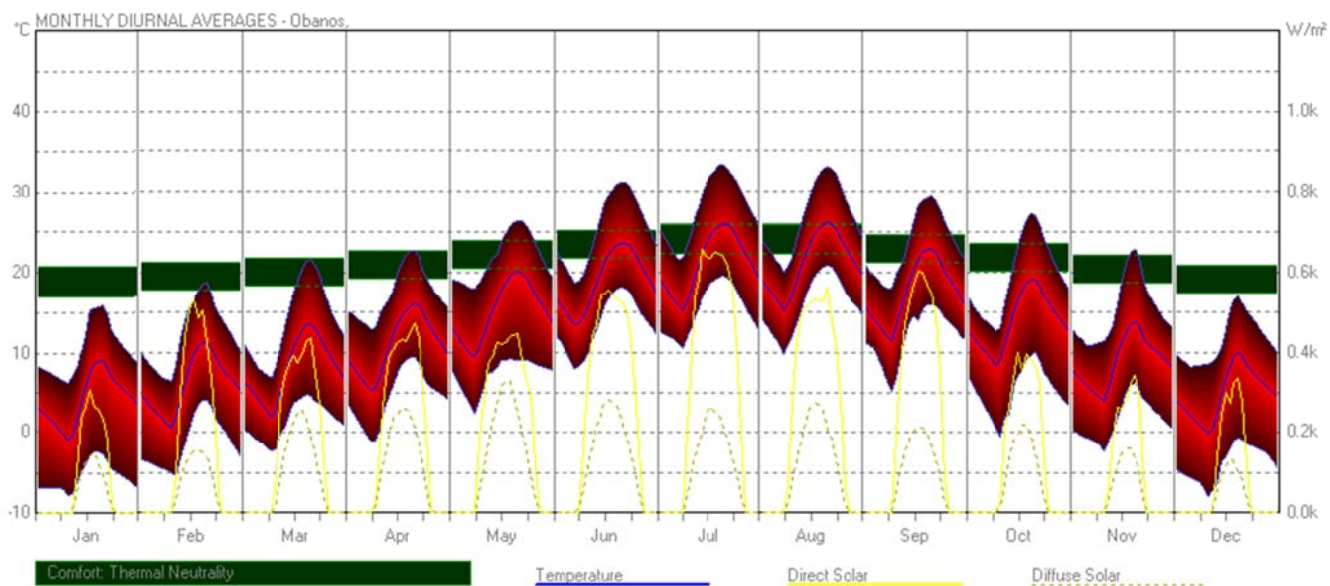


Figura 2. Día típico promedio para cada mes del año.

La media de temperatura máxima está por encima de los valores de confort térmico en las horas centrales de los meses de Mayo a Octubre, indicando la necesidad de adoptar estrategias de protección solar o de aporte de refrigeración. En las horas centrales del día típico de Marzo, Abril y Noviembre, la temperatura máxima se encontraría en el rango de neutralidad térmica, mientras que el resto de las horas del año se necesitaría aporte de calor.

La media de temperatura mínima se sitúa por debajo del rango de confort térmico para todos los días del año.

El siguiente diagrama muestra la variación horaria de la temperatura media exterior para cada mes del año. Se hace patente que la mayoría del tiempo a lo largo del año serán necesarias estrategias pasivas que maximicen el aporte de calor (captación solar pasiva) y minimicen las pérdidas de calor.

Hora/Mes	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
0 a 1	2,8	4,7	6,1	8,9	12,5	16,4	18,7	18,9	15,8	12,5	7,6	3,9
1 a 2	2,3	4,1	5,4	8,1	11,8	15,6	18	18,1	15,1	11,9	7,1	3,3
2 a 3	1,7	3,5	4,8	7,4	11	14,8	17,3	17,4	14,4	11,2	6,5	2,8
3 a 4	1,1	2,9	4,1	6,6	10,3	14	16,6	16,6	13,7	10,5	6	2,2
4 a 5	0,5	2,4	3,4	5,9	9,6	13,1	15,9	15,9	13	9,8	5,4	1,6
5 a 6	0	1,8	2,7	5,2	9,2	13,4	15,3	15,1	12,3	9,2	4,9	1,1
6 a 7	-0,6	1,2	2,1	5,4	10,6	14,2	16,6	15,9	11,8	8,5	4,3	0,5
7 a 8	-1,2	0,7	3	6,9	11,9	15,5	18	17,2	13,6	9,2	3,8	-0,1
8 a 9	-0,8	2,2	5	8,6	13,5	17	19,4	18,8	15,5	11,1	5,6	0,6
9 a 10	1,1	4,1	7,1	10,3	15	18,4	20,9	20,6	17,3	13,1	7,7	2,6
10 a 11	3,6	6,2	8,9	12	16,4	19,7	22,3	22,1	19,1	15,1	9,7	4,8
11 a 12	5,7	8,2	10,5	13,3	17,7	21	23,6	23,5	20,6	16,8	11,2	6,9
12 a 13	7,4	9,7	11,7	14,3	18,7	22	24,6	24,7	21,8	18	12,4	8,4
13 a 14	8,5	10,6	12,7	15,1	19,5	22,8	25,3	25,5	22,7	19	13,3	9,5
14 a 15	9	11,1	13,3	15,6	19,9	23,3	25,7	26	23,1	19,4	13,7	9,9
15 a 16	8,9	11	13,5	15,8	20	23,6	25,9	26,2	23,1	19,3	13,5	9,6
16 a 17	8	10,3	13	15,6	19,8	23,5	25,8	26,1	22,6	18,6	12,3	8,4
17 a 18	6,7	9,1	12	14,9	19,1	23,1	25,3	25,4	21,6	17,2	11,3	7,8
18 a 19	6,1	8,2	10,7	13,8	18,2	22,4	24,4	24,4	20,2	16,5	10,7	7,3
19 a 20	5,6	7,6	9,9	12,7	17	21,3	23,3	23,2	19,4	15,8	10,2	6,7
20 a 21	5	7	9,1	11,9	16,1	20,3	22,3	22,3	18,6	15,1	9,7	6,1
21 a 22	4,5	6,4	8,4	11,1	15,2	19,4	21,4	21,4	17,8	14,4	9,1	5,6
22 a 23	4	5,8	7,6	10,2	14,4	18,4	20,4	20,5	17	13,7	8,6	5
23 a 24	3,4	5,2	6,9	9,4	13,5	17,4	19,5	19,6	16,2	13	8,1	4,5

Figura 3. Variación horaria de la temperatura media a lo largo del año en Obanos.

Realizando un filtrado de los datos según el rango de neutralidad térmica de 18 a 24°C, se observa que en lo concerniente a la variación horaria de la temperatura media, se estará en condiciones de confort en los siguientes rangos horarios:

- Mayo: de 12 a 19h
- Junio: de 9 a 23h
- Julio: de 7 a 12 y de 19 a 2h
- Agosto: de 8 a 12 y de 19 a 2h
- Septiembre: De 10 a 21h
- Octubre: De 12 a 17h

Los períodos centrales (de 12 a 19h.) del día de Julio y Agosto, la temperatura media está por encima de las condiciones de confort.

El resto de horas del año (el 75% de las horas) se está por debajo de las condiciones de neutralidad térmica.

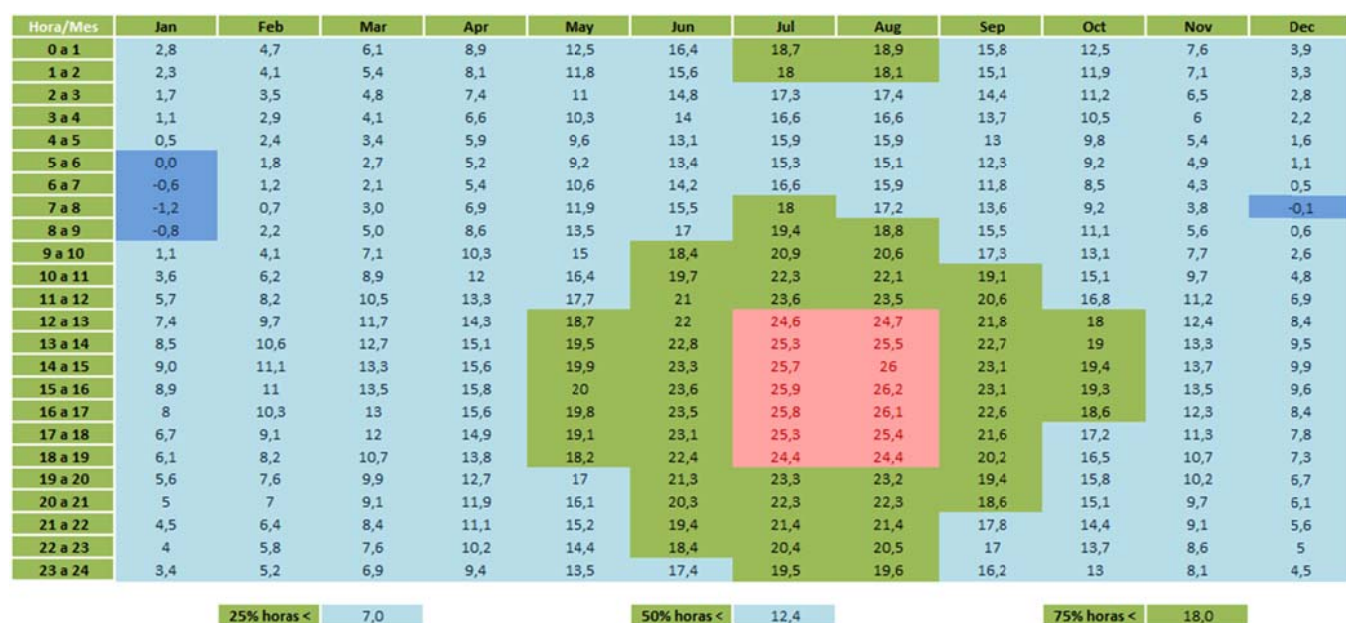


Figura 4. Valores de temperatura media horaria filtrados según neutralidad térmica (18-24°C).

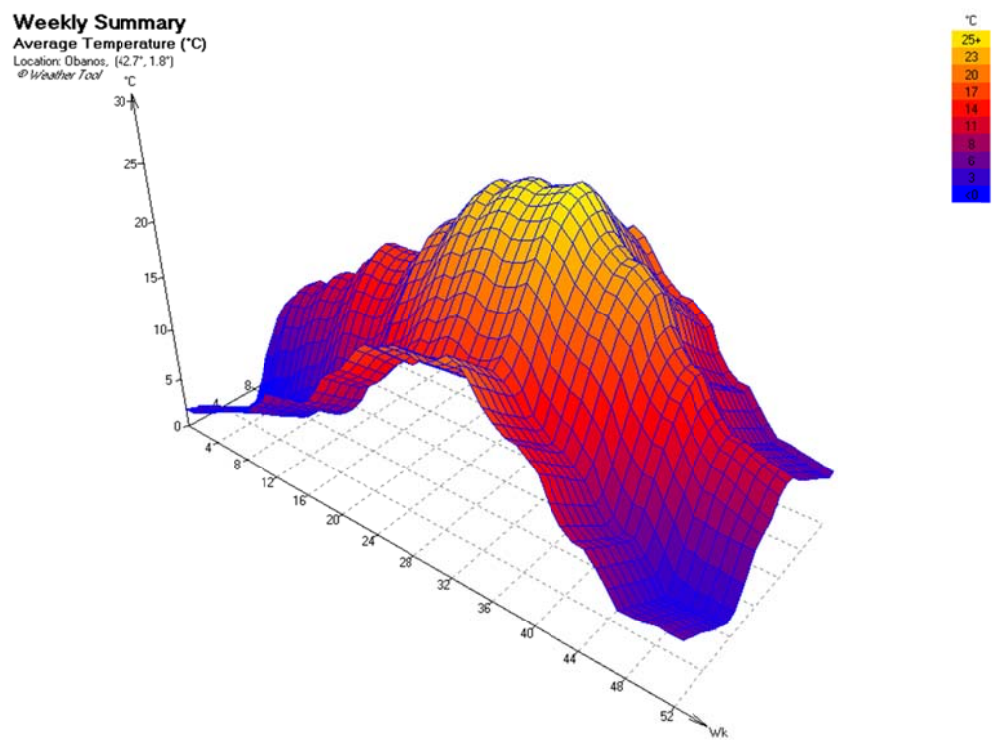


Figura 5. Variación anual de la temperatura media en Obanos.

1.3 Humedad relativa

Mediante el estudio de la variación horaria de la humedad relativa media, puede observarse que, en general, para la ubicación de Obanos se obtienen valores elevados durante la noche y más confortables durante el día. Los valores máximos medios diarios se obtienen entre las 4 y las 8h, mientras que los mínimos diarios se sitúan en el rango horario de 13 a 17h.

Hora/Mes	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
0 a 1	83	77	76	79	76	70	67	67	71	73	80	81
1 a 2	85	79	78	80	78	72	69	69	73	75	82	83
2 a 3	87	81	80	83	81	75	71	72	76	78	84	85
3 a 4	89	84	83	86	83	79	74	75	78	81	86	87
4 a 5	91	87	86	89	87	83	78	78	82	84	88	89
5 a 6	93	91	90	92	90	83	81	82	85	88	90	92
6 a 7	96	94	93	92	86	81	77	80	88	91	92	94
7 a 8	98	96	90	88	81	76	72	76	82	89	95	96
8 a 9	97	90	83	82	76	71	67	70	75	82	88	95
9 a 10	91	83	75	76	71	66	62	64	68	74	81	88
10 a 11	83	74	68	70	66	61	57	59	62	66	75	80
11 a 12	76	66	62	65	61	57	53	54	57	60	70	73
12 a 13	71	61	58	62	58	53	50	51	54	56	67	69
13 a 14	68	58	55	59	55	51	48	48	51	53	64	66
14 a 15	67	56	53	58	54	49	47	47	50	52	63	65
15 a 16	67	57	53	58	54	49	46	47	50	52	63	65
16 a 17	70	59	55	59	56	50	47	48	52	55	67	69
17 a 18	74	64	59	62	58	52	49	50	55	60	70	71
18 a 19	75	68	63	66	62	54	52	53	60	62	72	73
19 a 20	76	70	66	69	65	58	56	57	62	65	73	74
20 a 21	78	72	69	72	68	61	59	60	65	67	75	76
21 a 22	79	74	71	74	70	63	61	62	67	69	76	77
22 a 23	81	75	72	76	73	66	63	64	68	71	78	79
23 a 24	82	76	74	78	75	68	65	66	70	72	79	80

Figura 6. Variación horaria de la humedad relativa media a lo largo del año en Obanos.

Considerando un rango de confort de humedad relativa entre el 30 y el 80%, se filtran los valores horarios medios para un día tipo de cada mes.

Como se aprecia en la gráfica, el número de horas que se supera el rango de confort es máximo para el día medio de Enero (de 22 a 11h.), disminuyéndose a medida que nos acercamos a Julio y Agosto, para los que sólo se supera de 5 a 6.

Se observa que casi el 75% de las horas de los días tipos de todo el año se encuentran dentro del rango de confort.

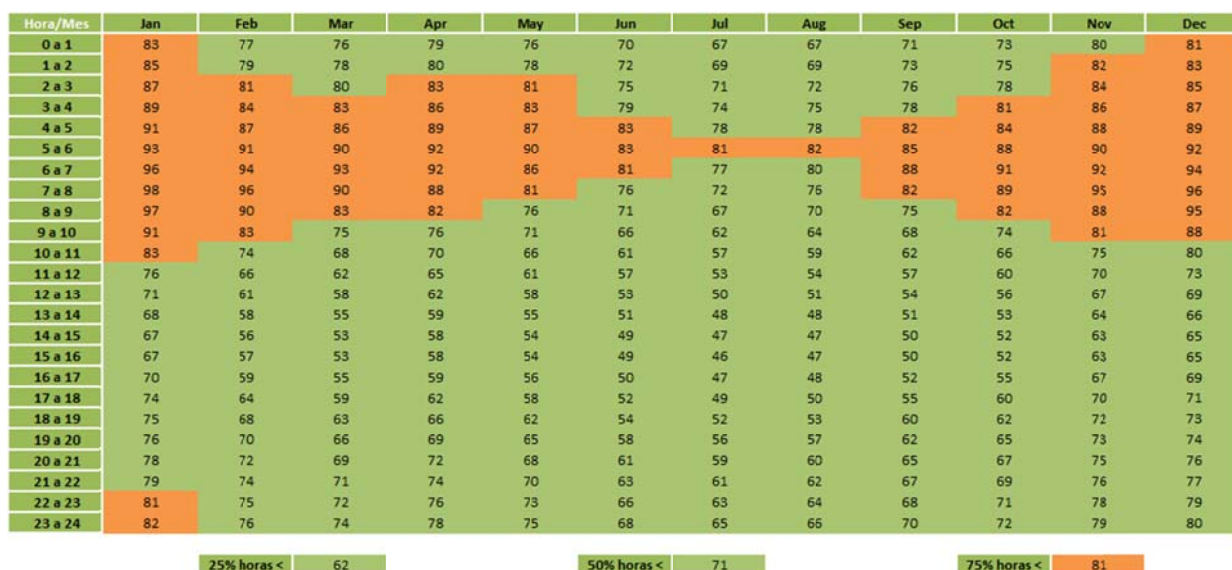


Figura 7. Valores de humedad relativa media horaria filtrados según parámetros de confort (30-80%).

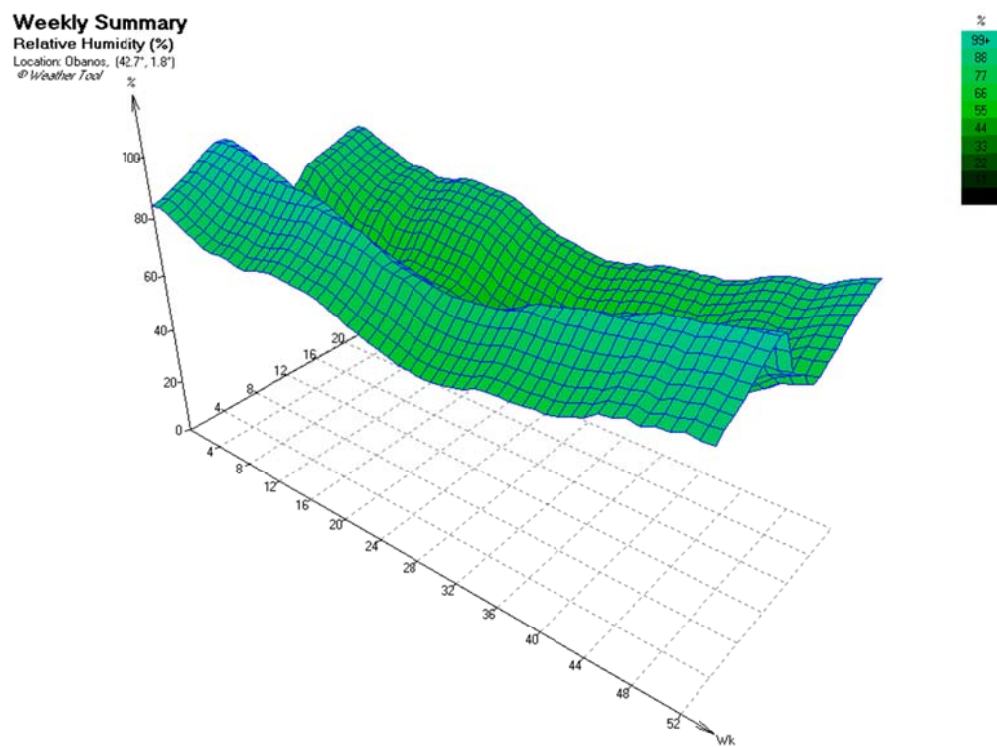


Figura 8. Variación anual de la humedad relativa media en Obanos.

1.4 Radiación solar

El estudio de la evolución de la radiación solar directa normal a lo largo del año para la localidad de Obanos, muestra que los valores máximos se obtienen entre las 9 y las 17h de los días tipo de Abril a Septiembre, con un promedio horario de 512,25 Wh/m².

A su vez, y para el conjunto de horas de luz del año, la radiación solar incidente alcanza un promedio horario de 353,36 Wh/m².

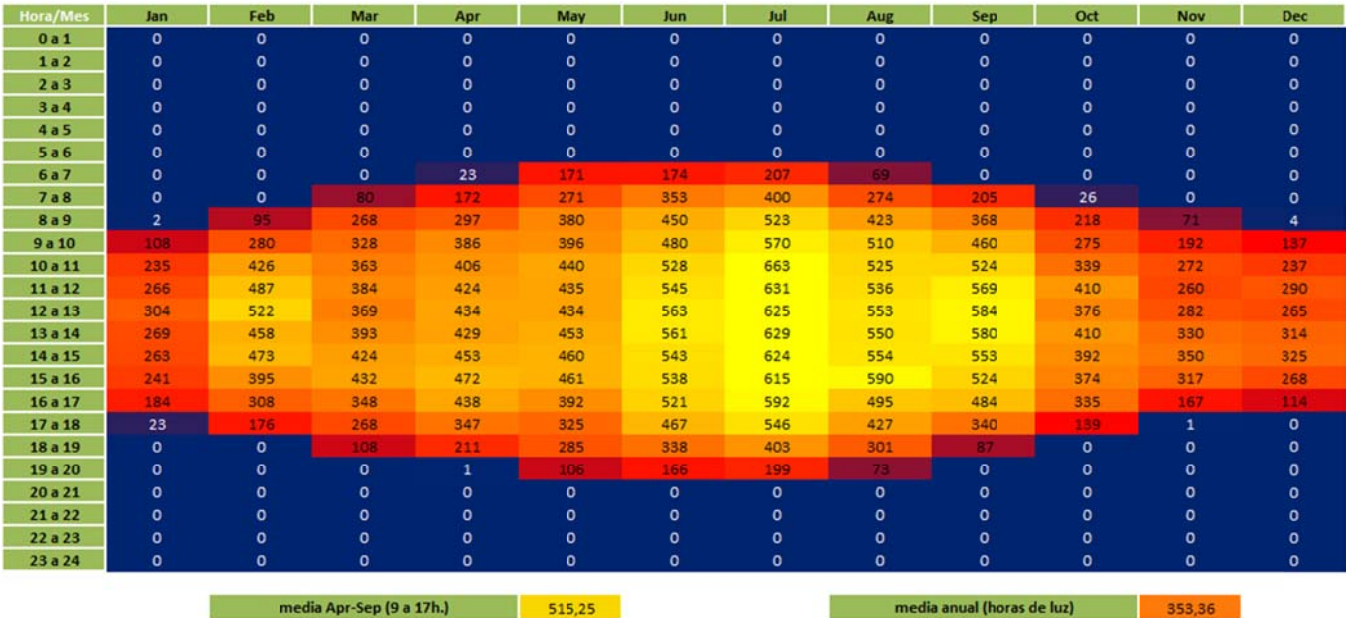


Figura 9. Variación horaria de la radiación solar directa normal media (Wh/m²) a lo largo del año en Obanos.

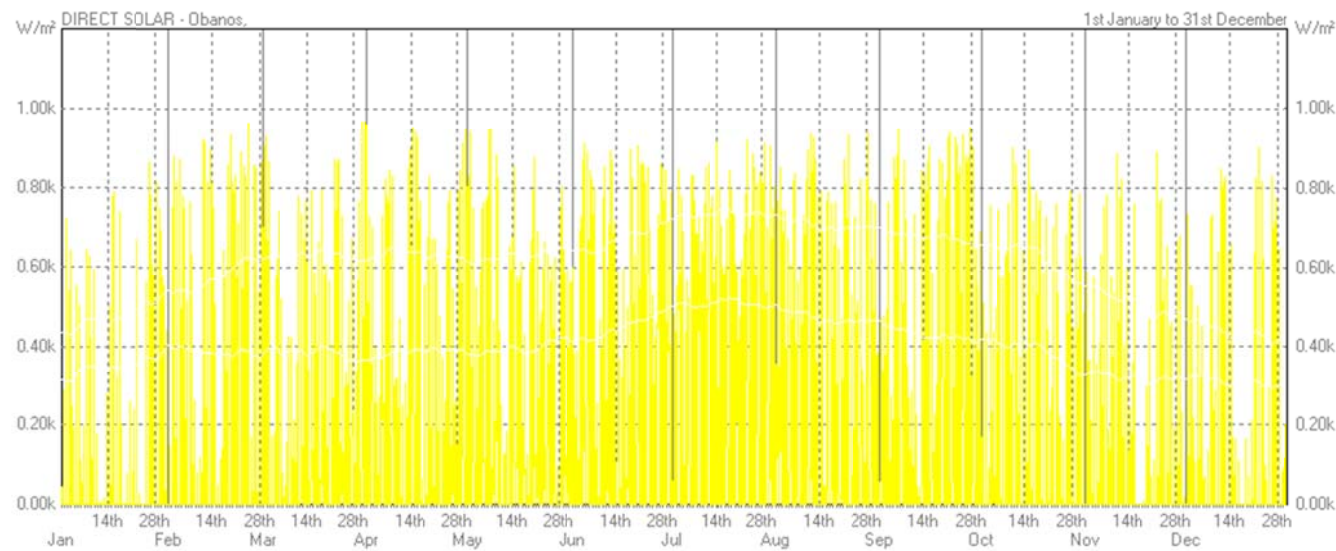


Figura 10. Evolución horaria anual de la radiación solar directa en Obanos.

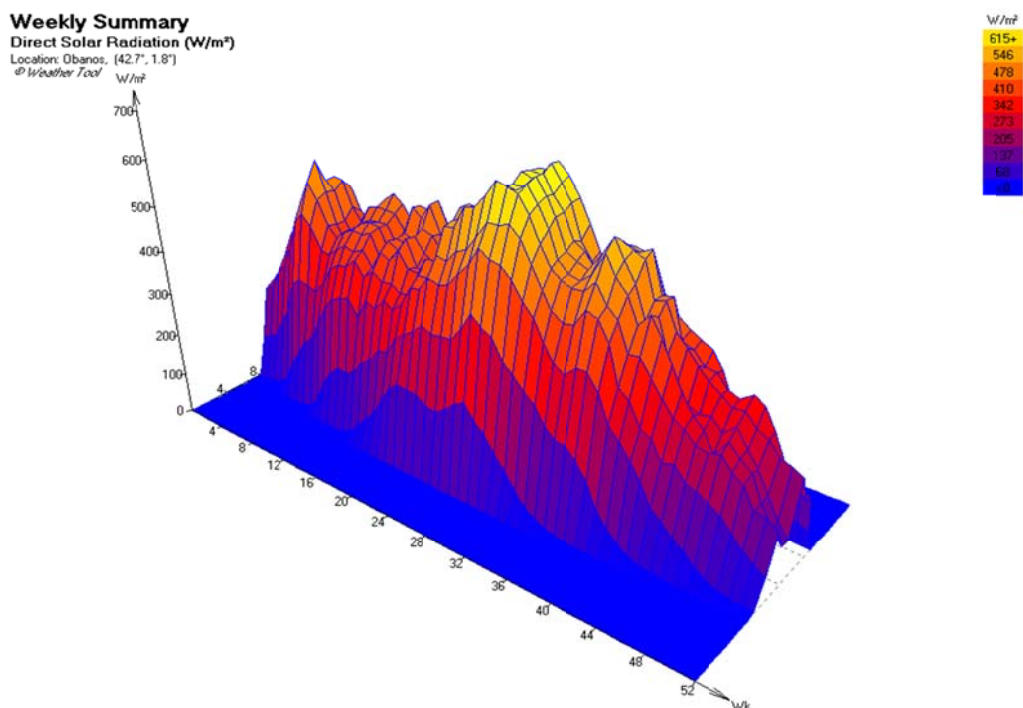


Figura 11. Variación anual de la radiación solar directa en Obanos

Para una superficie vertical libre de obstáculos solares orientada a S-SO (-173º) –orientación principal de la edificación a estudio-, se obtiene una radiación solar incidente total anual de 954,77 kWh/m², con una colección solar de 233,22 kWh/m² en los meses cálidos (Julio, Agosto, Septiembre) y de 210,46 kWh/m² en los meses más fríos (Diciembre, Enero y Febrero).

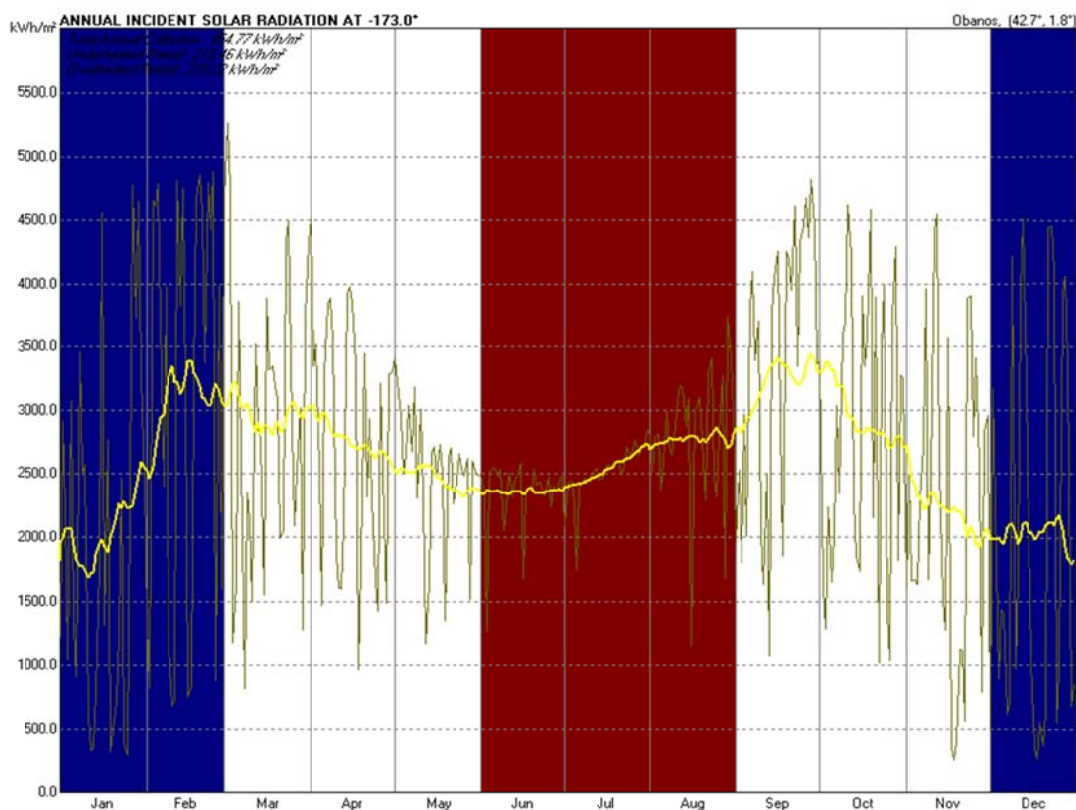


Figura 12. Radiación solar incidente anual en una superficie vertical orientada a S-SO (-173º).

La radiación solar difusa se mantiene relativamente constante a lo largo del año, aumentando ligeramente en las horas centrales de los meses de primavera y verano, con un promedio horario de Abril a Septiembre entre las 9 y las 17h. de 231,83 Wh/m²).

A su vez, y para el conjunto de horas de luz del año, la radiación solar difusa alcanza un promedio de 126,15 Wh/m².

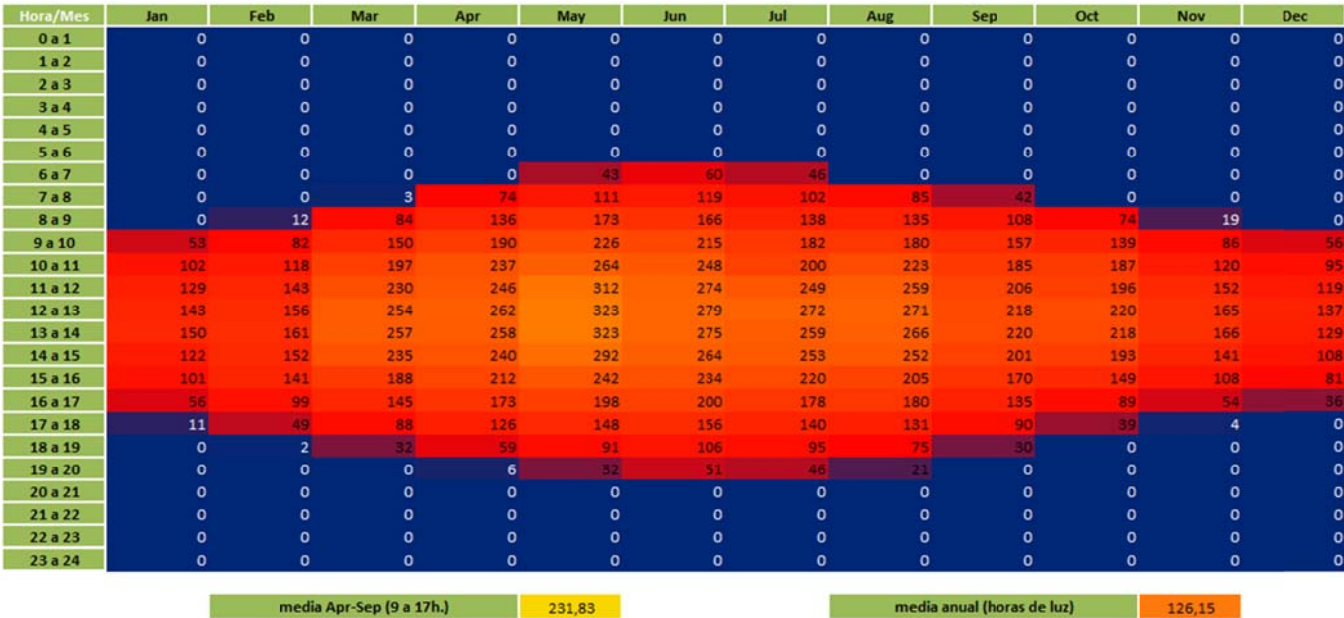


Figura 13. Variación horaria de la radiación solar difusa media (Wh/m²) a lo largo del año en Obanos.

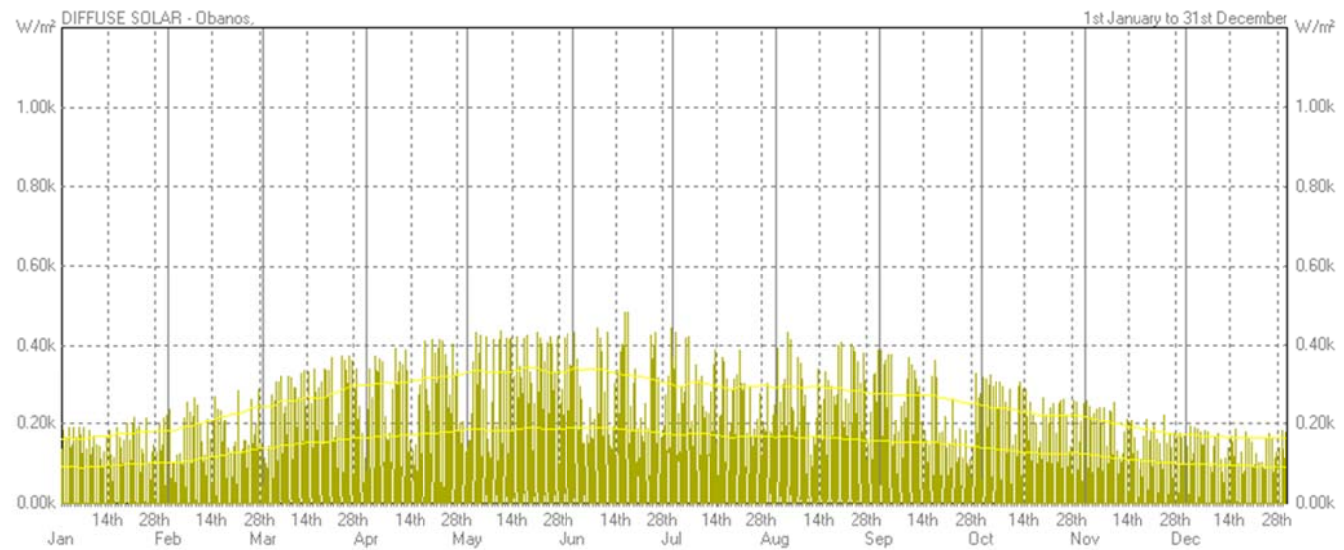


Figura 14. Evolución horaria anual de la radiación solar difusa en Obanos.

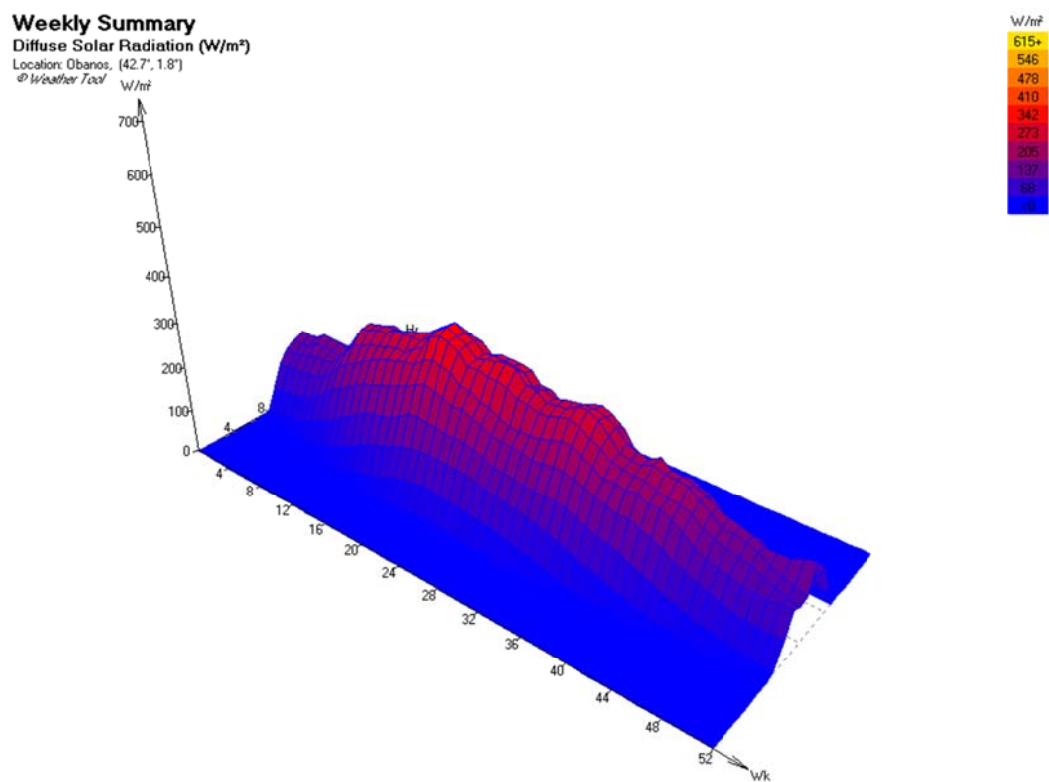


Figura 15. Variación anual de la radiación solar difusa en Obanos.

1.5 Vientos predominantes

Los vientos dominantes son de componente N, NE y NO, suponiendo casi el 60% del total.

Orient./Mes	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Media
North	42	40	34	30	22	26	23	20	24	28	33	35	29,8
NorthEast	10	10	8	13	13	9	10	12	9	13	15	11	11,1
East	3	2	3	5	3	1	3	5	6	4	4	4	3,6
SouthEast	3	2	4	8	8	16	1	10	9	5	7	3	6,3
South	3	4	10	10	13	13	16	4	13	9	3	4	8,5
SouthWest	6	8	11	12	13	15	8	14	18	12	13	6	11,3
West	10	10	10	13	14	4	15	21	5	12	8	14	11,3
NorthWest	24	24	20	9	14	17	24	14	17	18	19	23	18,6

La rosa de vientos anual para Obanos confirma la mayor frecuencia de dichas componentes. En cuanto a las velocidades medias anuales, apenas sobrepasan los 2-3 m/s (5-10 km/h) en todas las orientaciones, mostrando picos entre 10 y 20 m/s (35-75 km/h) según la orientación.

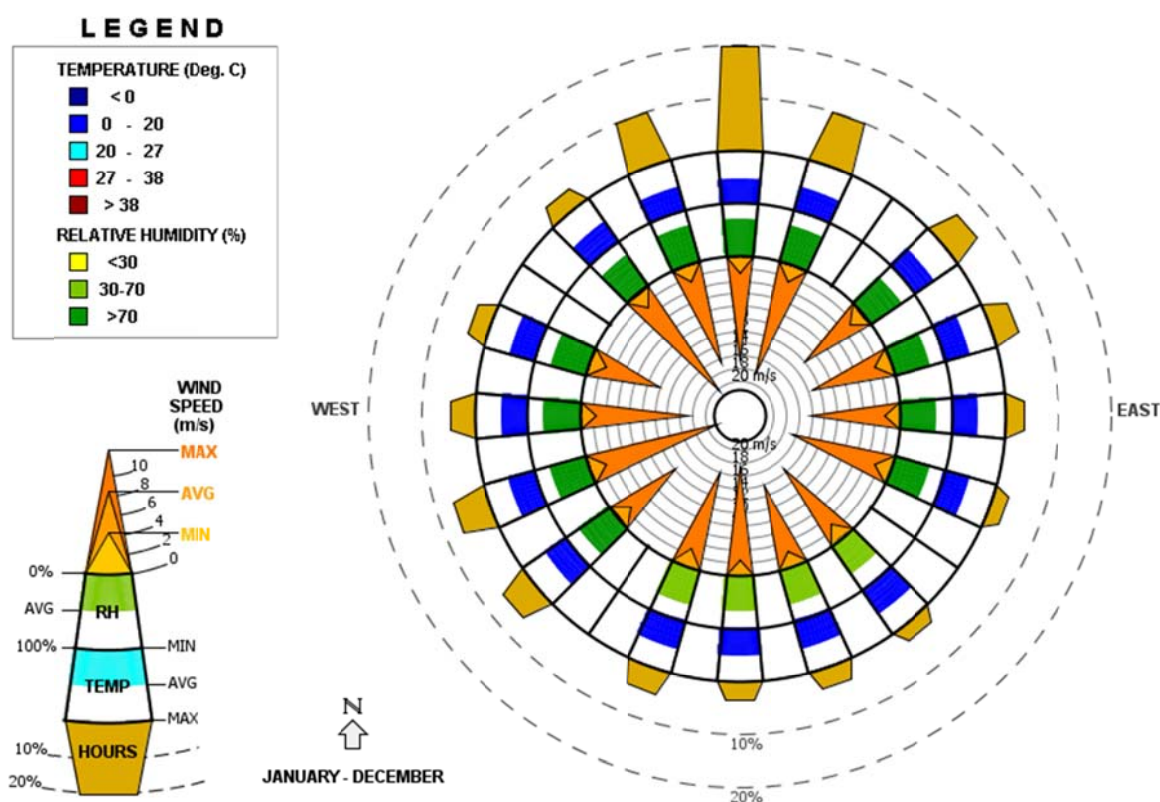


Figura 16. Rosa de vientos anual para Obanos.

Para los meses de invierno (de Diciembre a finales de Febrero), el viento dominante es también de componente N, soplando casi el 25% de horas en este periodo de tiempo y alcanzando velocidades máximas entre 10 y 14 m/s (40-50 km/h).

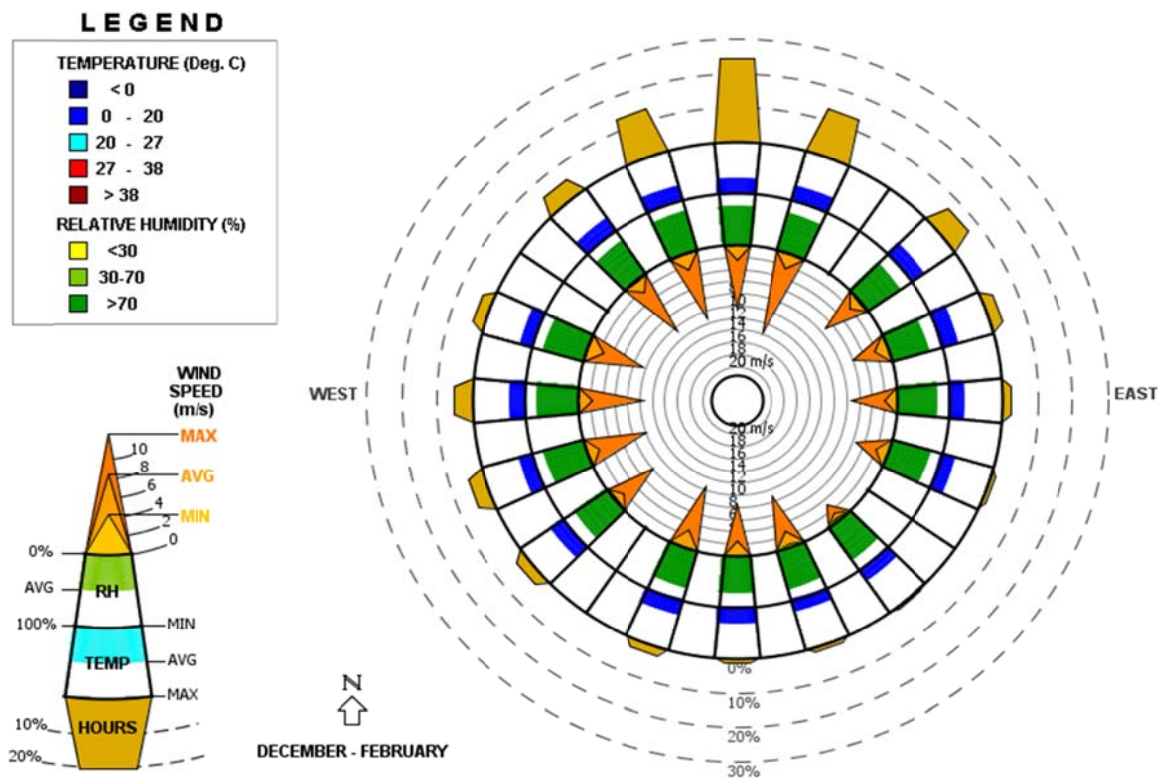


Figura 17. Rosa de vientos para los meses fríos del año (de Diciembre a Febrero)

Los vientos de invierno son en general fríos, con temperaturas entre 5 y 10°C, y húmedos, con humedades relativas del orden de 85%. Los vientos fuertes de componente SO, así como los moderados de componente S-SO y NE-NO están asociados a precipitaciones.

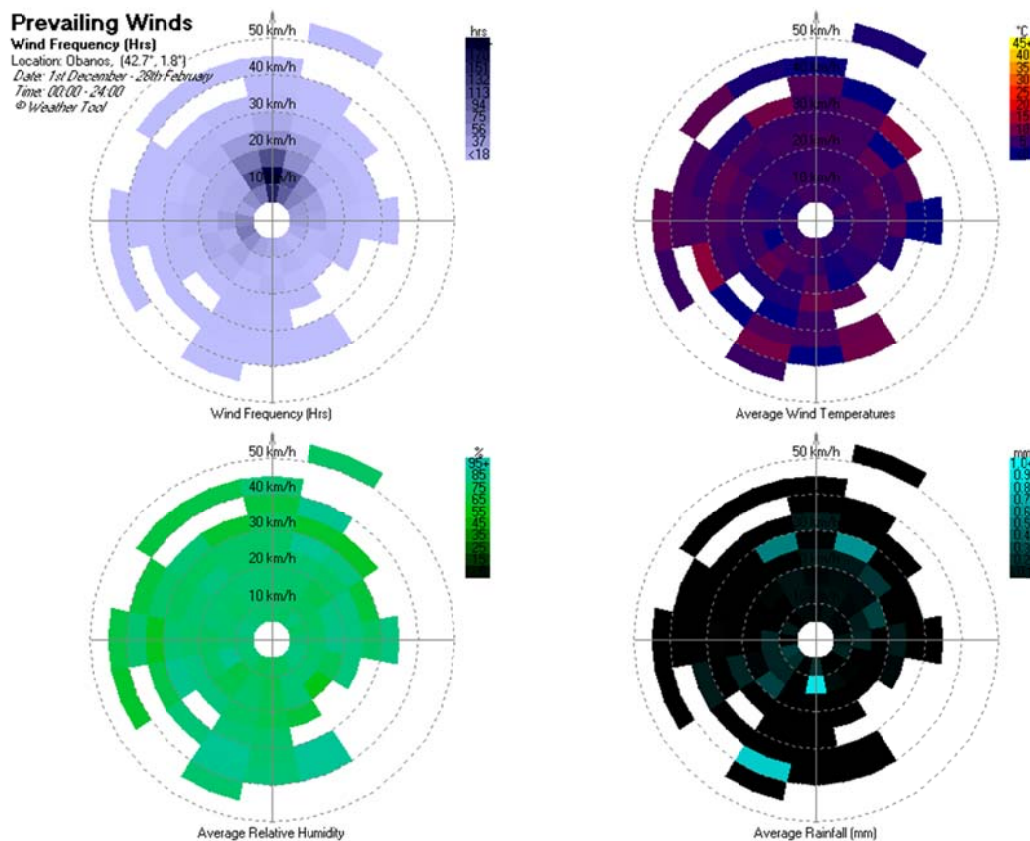


Figura 18. Características de los vientos predominantes en invierno.

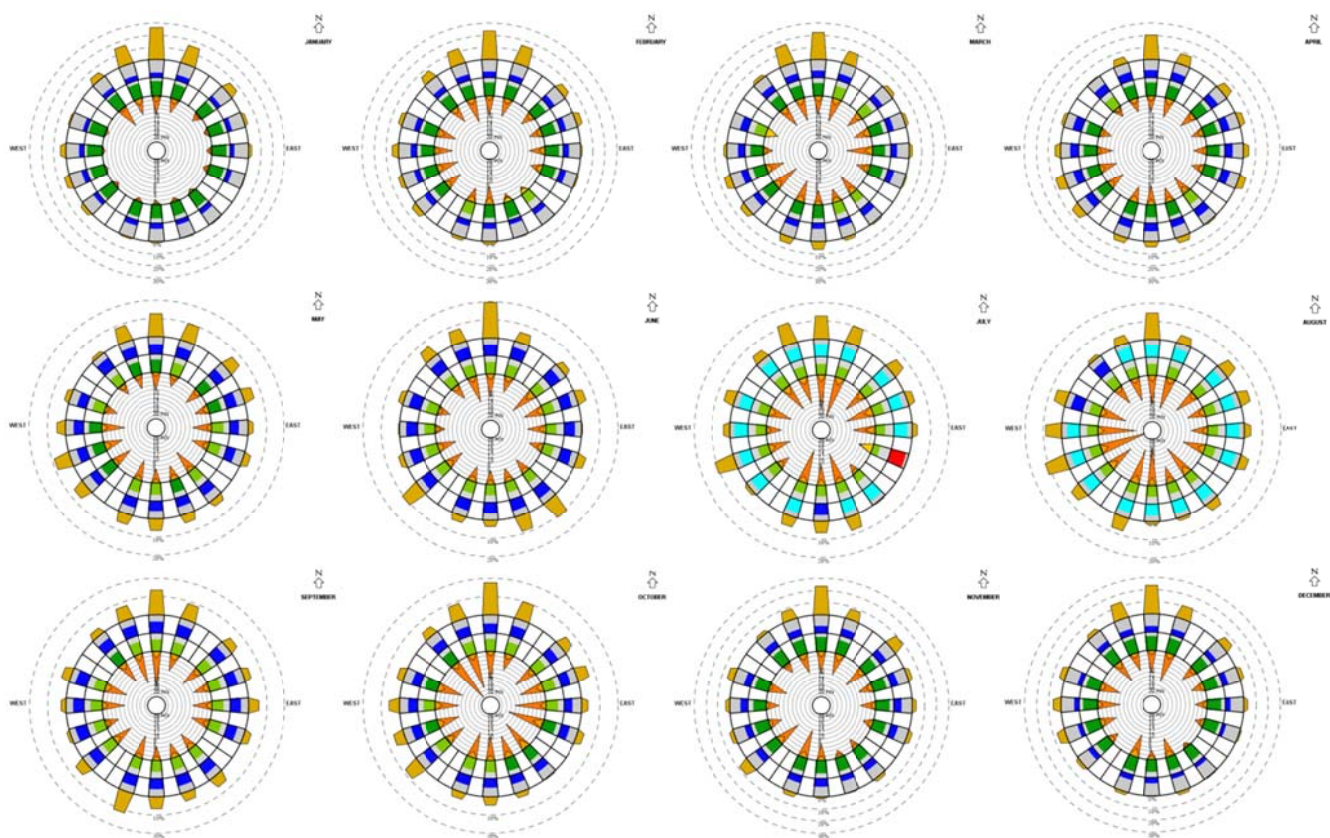


Figura 19. Comparativo de la rosa de los vientos para todos los meses del año.

1.6 Guías de diseño

Basándose en los parámetros climatológicos enumerados, la orientación óptima que maximiza las ganancias térmicas por radiación solar incidente durante los meses más fríos y las minimiza durante los meses más cálidos es la orientación S-SE (172 °C).

En dicha orientación se produce una incidencia de radiación solar directa de 1,73 kWh/m²día, siendo de 1,37 kWh/m²día en los meses cálidos (Julio, Agosto, Septiembre) y de 1,91 kWh/m²día en los meses más fríos (Diciembre, Enero y Febrero).

Optimum Orientation

Location: Obanos,
Orientation based on average daily incident
radiation on a vertical surface.
Underheated Stress: 1037.0
Overheated Stress: 5.6
Compromise: 172.5°
© Weather Tool

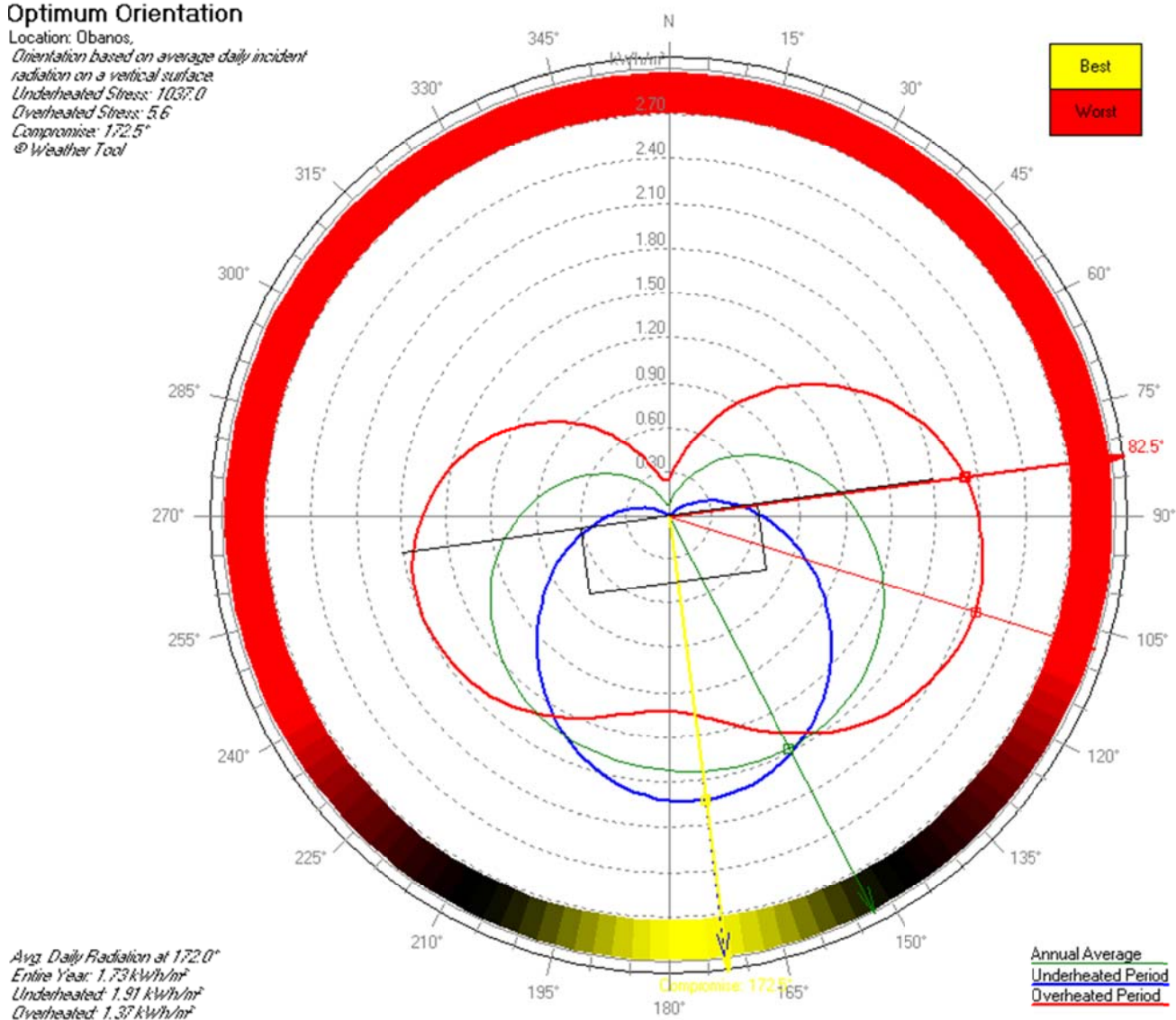


Figura 20. Orientación óptima para Obanos (172 °C).

A su vez, para la orientación S-SO (-173 °C), orientación predominante de la edificación a estudio, se produce una incidencia de radiación solar directa de 1,70 kWh/m²día, siendo de 1,31 kWh/m²día en los meses cálidos (Julio, Agosto, Septiembre) y de 1,88 kWh/m²día en los meses más fríos (Diciembre, Enero y Febrero).

Optimum Orientation

Location: Obanos,
Orientation based on average daily incident
radiation on a vertical surface
Underheated Stress: 1037.0
Overheated Stress: 5.6
Compromise: 172.5°
© Weather Tool

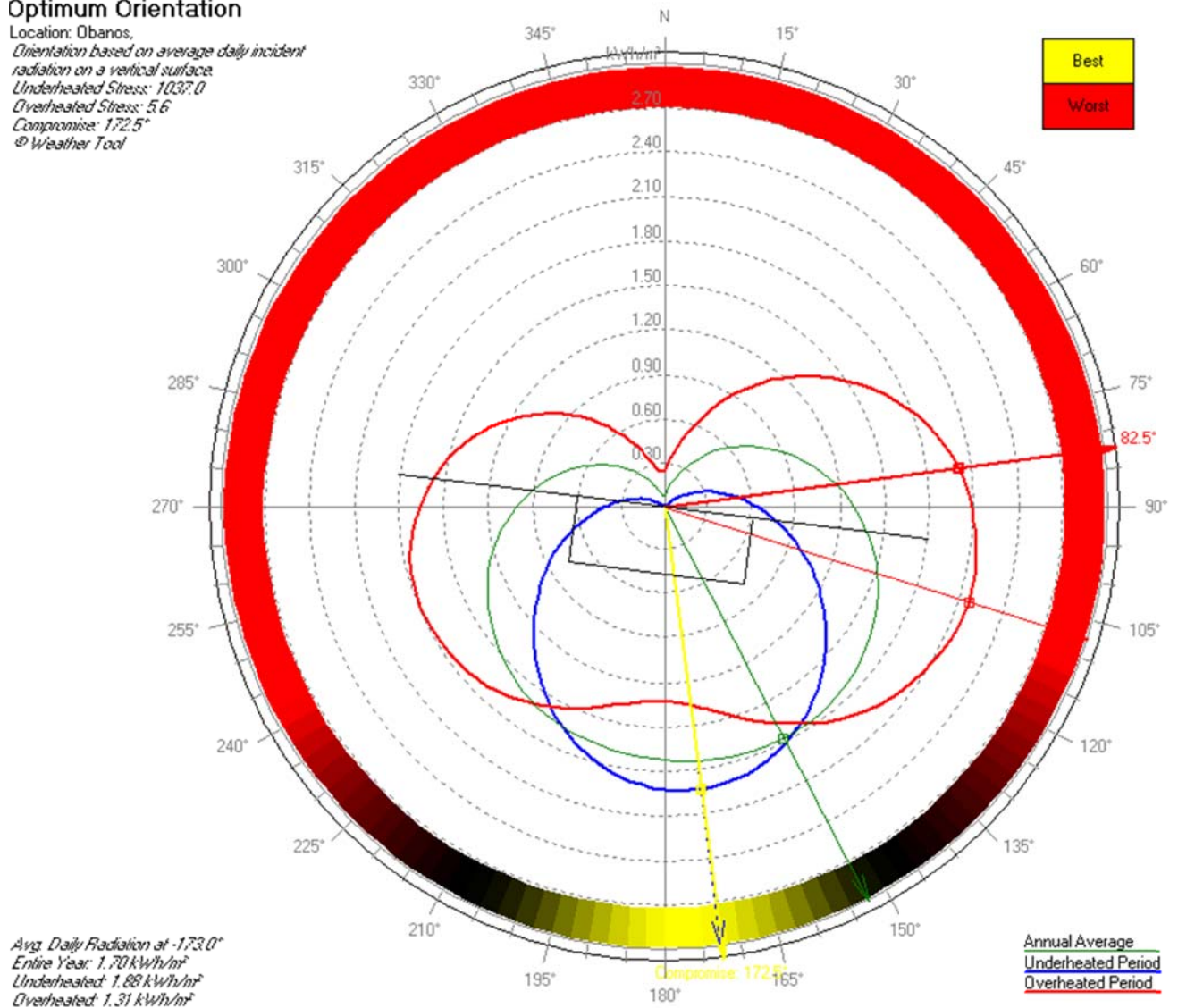


Figura 21. Orientación principal de la edificación a estudio (-173 °C).

Por lo tanto, se considera que la orientación predominante es muy adecuada, al producirse apenas una disminución de radiación solar directa de 2,75 kWh/m² durante los meses de Diciembre, Enero y Febrero (0,03 kWh/m²día), en relación a la orientación óptima.

Horas de confort y Estrategias de diseño

En los siguientes gráficos se puede visualizar el porcentaje de horas, tanto anualmente como durante los meses de verano e invierno, que se alcanzan las condiciones de confort, simplemente mediante el uso de sistemas pasivos.

En la Figura 22 se observa cómo el porcentaje de horas anuales en condiciones de confort sin llevar a cabo ningún tipo de estrategia de diseño es del 15%, porcentaje que asciende al 57,8% mediante el empleo de captación de energía solar y ventilación natural, junto con unos sistemas constructivos con un adecuado aislamiento y un alto grado de inercia térmica.

Así mismo, para alcanzar dichas condiciones de confort durante el 100% del tiempo, será necesario el empleo de sistemas activos de calefacción y refrigeración durante el 42,2% y el 0,4% de las horas respectivamente.

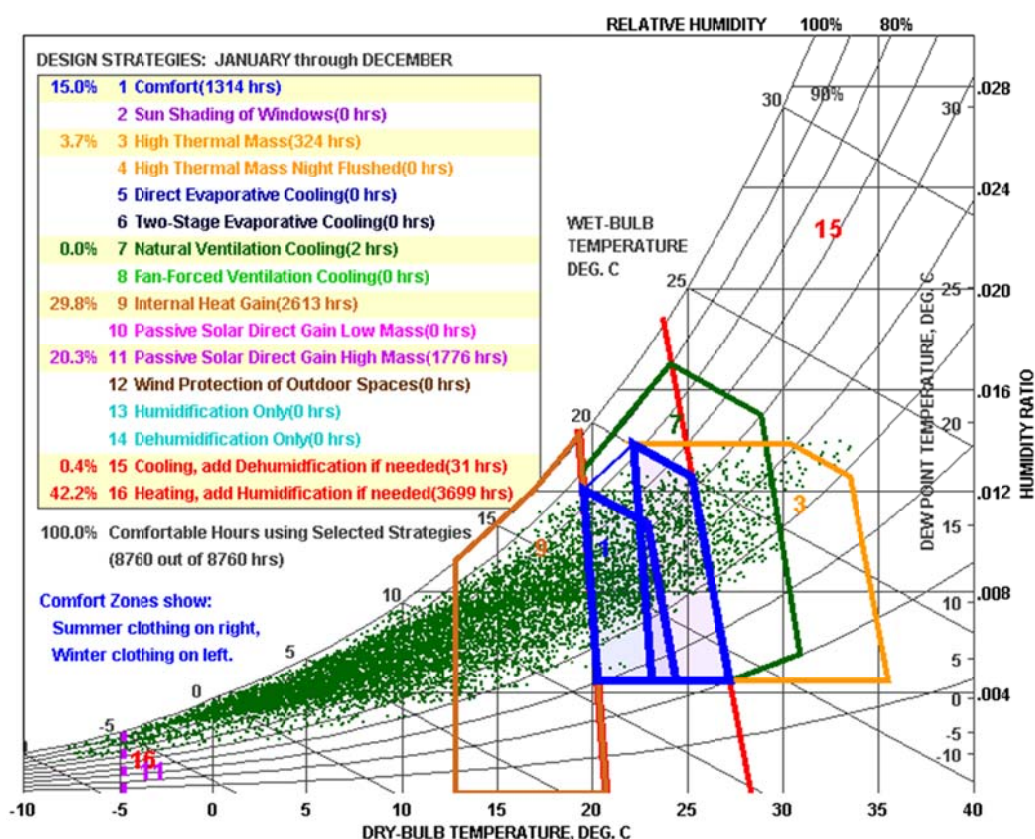


Figura 22. Diagrama psicrométrico. Estrategias de diseño y zona de confort. Valores anuales.

A su vez, en las Figuras 23 y 24 se observan las estrategias de diseño y los porcentajes de horas que se alcanzan las condiciones de confort durante los meses más cálidos y más fríos respectivamente.

El porcentaje de horas durante los meses de verano en condiciones de confort sin llevar a cabo ningún tipo de estrategia de diseño es del 39,4%, porcentaje que asciende al 96,3% mediante el empleo de los sistemas pasivos mencionados anteriormente, siendo necesario para alcanzar dichas condiciones de confort durante el 100% del tiempo el empleo de sistemas activos de calefacción y refrigeración durante el 1,9% y el 1,4% de las horas respectivamente.

A su mismo, durante los meses más fríos, el porcentaje de horas en condiciones de confort sin llevar a cabo ningún tipo de estrategia de diseño es del 0%, porcentaje que asciende al 13,9% mediante el empleo de captación de energía solar junto con unos sistemas constructivos con un adecuado aislamiento y un alto grado de inercia térmica, siendo necesario para alcanzar dichas condiciones de confort durante el 100% del tiempo el empleo de sistemas activos de calefacción durante el 86,1% de las horas.

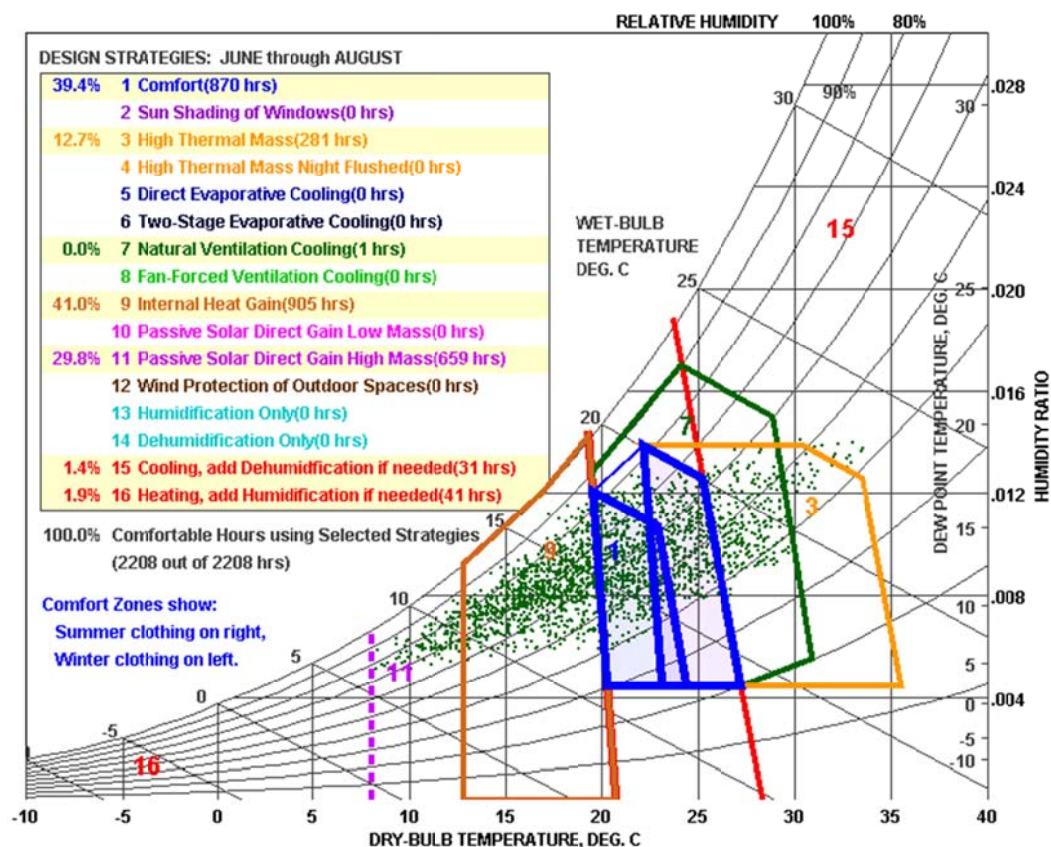


Figura 23. Diagrama psicométrico. Estrategias de diseño y zona de confort en verano.

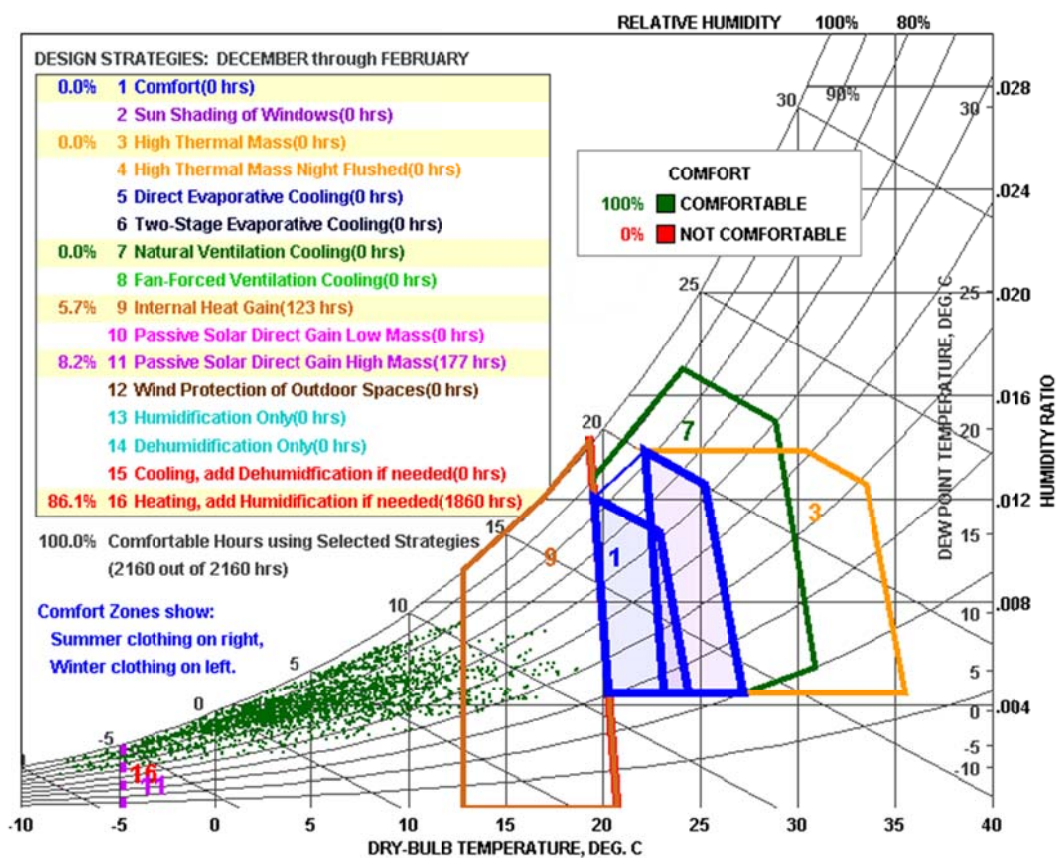
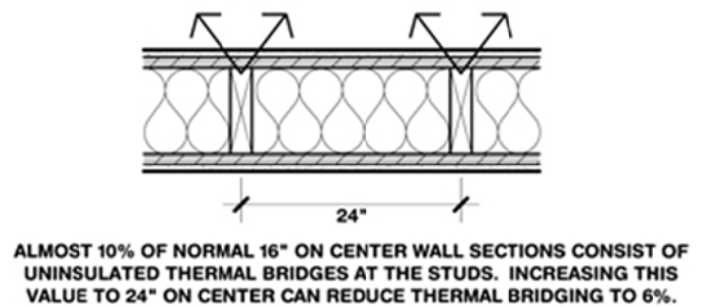
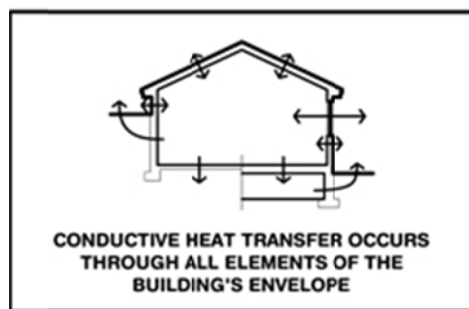
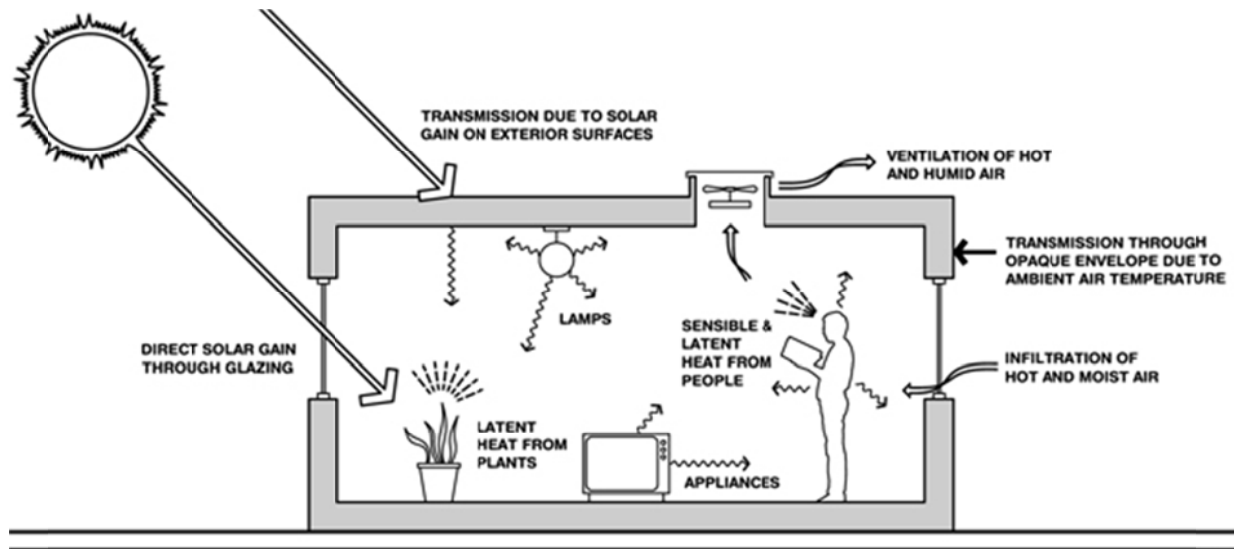


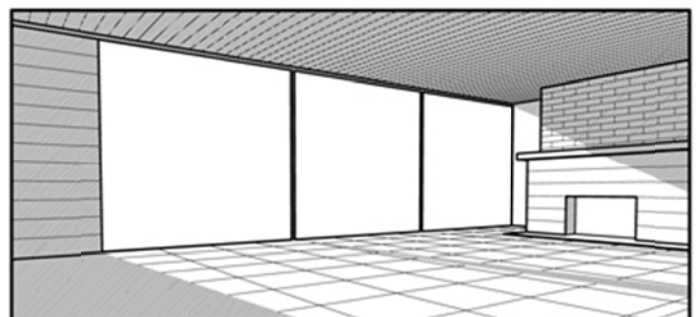
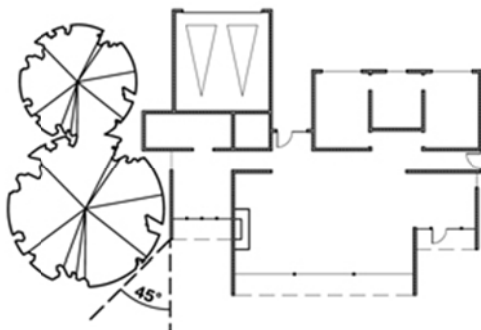
Figura 24. Diagrama psicométrico. Estrategias de diseño y zona de confort en invierno.

Como conclusión, se enumerarán las medidas que se consideran más importantes para alcanzar los porcentajes de horas en condiciones de confort descritas anteriormente:

- Un adecuado aislamiento y un alto grado de inercia térmica permiten el aprovechamiento tanto de las ganancias térmicas internas como externas.



- Se debe minimizar la pérdida de calor en invierno. Para ello es muy importante el empleo de sistemas de acristalamiento de alto rendimiento, como el acristalamiento doble, especialmente si se combina con un vidrio de baja emisividad low-E (valor U bajo). No debe olvidarse la importancia de una correcta instalación del marco.
- Es importante plantear la distribución de forma que el sol invernal penetre en los espacios de uso diurno.



- Durante los meses más cálidos, se debe evitar el sobrecalentamiento mediante el uso de sistema de protección solar y ventilación natural cruzada. Los aleros o lamas horizontales en orientación sur permiten evitar ganancias excesivas por radiación solar durante el verano, a la vez que no evitan dicha radiación en invierno.

2 Análisis de la radiación solar y la iluminación

2.1 Análisis de sombras

En una primera etapa del análisis, se evalúa cualitativamente el estado actual del proyecto mediante el rango de sombras diario para los solsticios de invierno y verano, y los equinoccios de primavera y otoño.

En el solsticio de invierno (21 de diciembre) se observa que entre las 9 y las 17h el patio y las ventanas de planta baja —a excepción de la ventana sur del salón— están en sombra prácticamente la totalidad del tiempo. A su vez, las ventanas de la vivienda en planta primera cuentan con una exposición solar baja, que desaparece prácticamente al medio día.

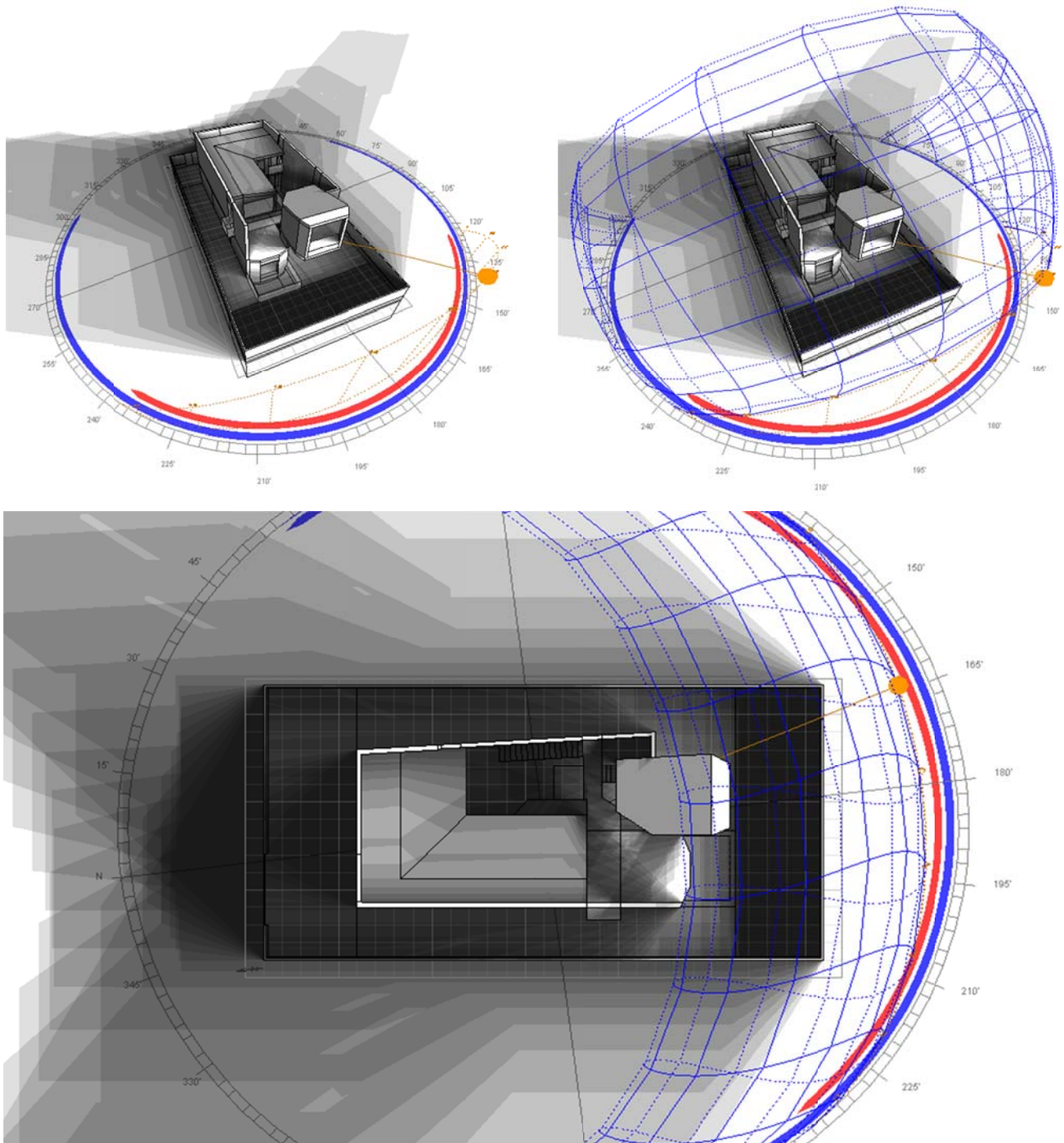


Figura 25. Rango de sombras entre las 9 y las 17h para el solsticio de invierno (21 de diciembre).

Para los equinoccios de primavera y otoño (21 de marzo y 21 de septiembre), las condiciones del patio y las ventanas permanecen en similares condiciones.

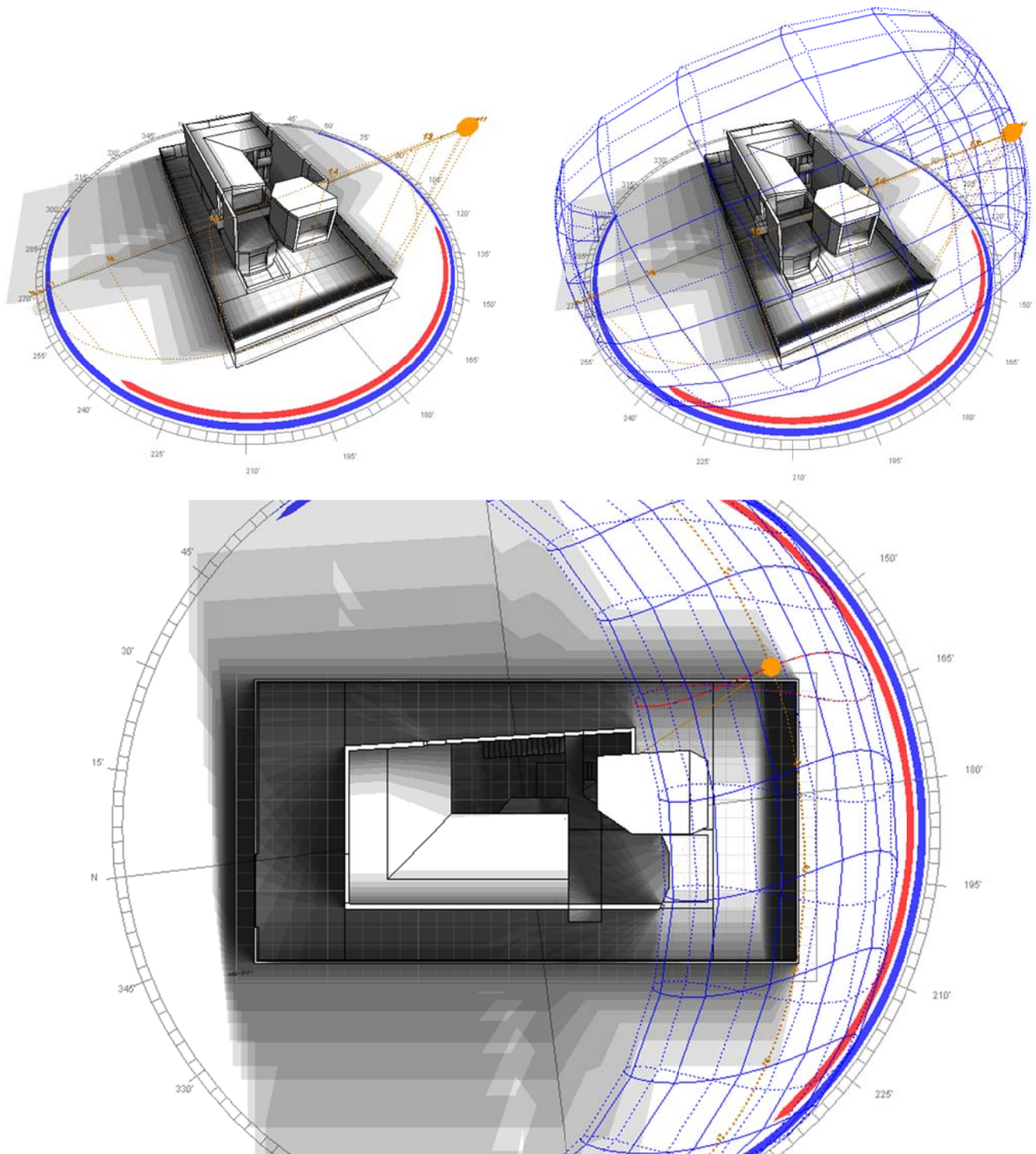


Figura 26. Rango de sombras entre las 9 y las 17h para los equinoccios de primavera y otoño.

En el solsticio de verano (21 de junio), el patio recibe algo más de radiación, aunque sigue en sombra la mayor parte de las horas.

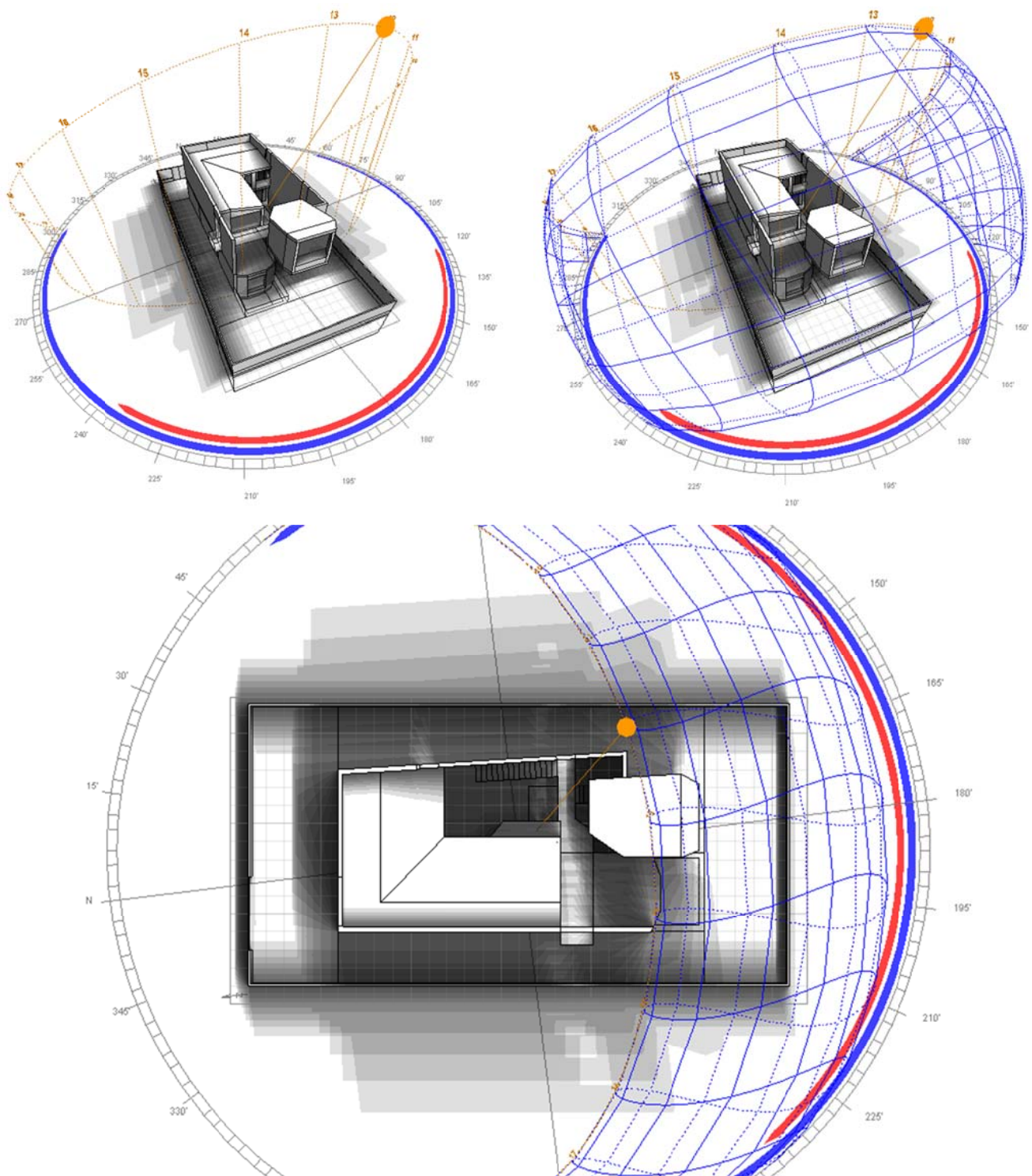
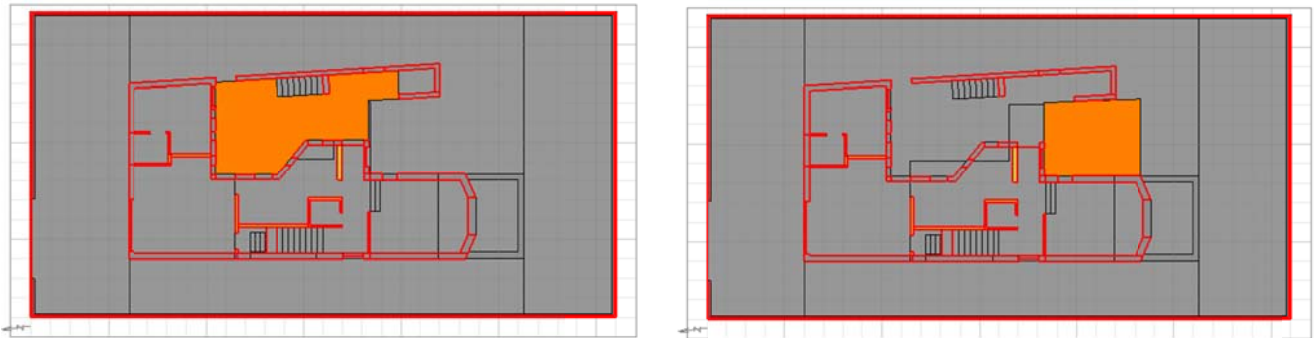


Figura 27. Rango de sombras entre las 9 y las 17h para el solsticio de verano (21 de junio).

El análisis previo sugiere la necesidad de un estudio de las sombras con más profundidad del patio, así como de las ventanas al sur del salón, habitación principal y estudio.

2.1.1 Patio

Se ha procedido a su división en dos partes, para un estudio más significativo.



Figuras 28a y 28b. División del patio para su estudio. Patio 1 y patio 2.

Se puede visualizar el efecto de los otros elementos del proyecto sobre dichas superficies realizando sus ventanas solares, en la que los obstáculos solares se superponen a la trayectoria solar anual.

2.1.1.1 Patio 1

Se estudian las sombras del patio a dos niveles, en el plano del suelo y en un plano situado a 1,5m. de él.

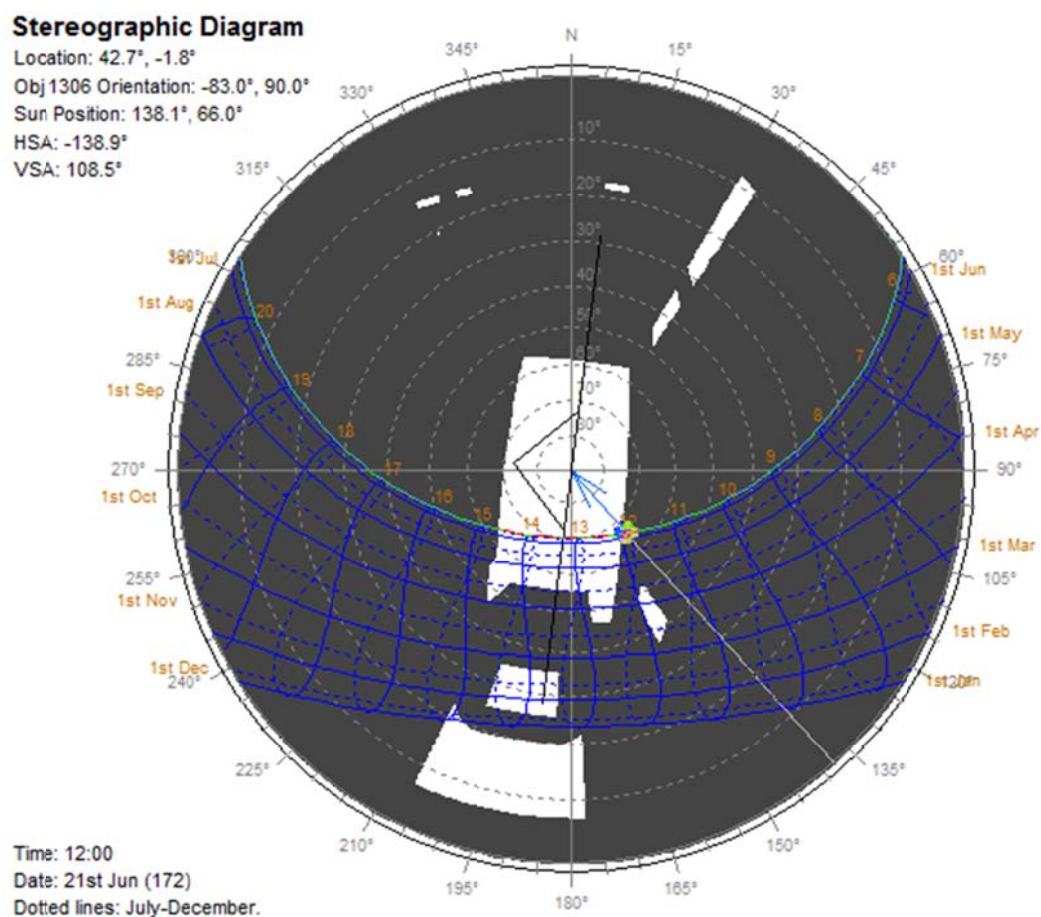


Figura 29. Ventana solar en el plano del suelo del patio 1.

Stereographic Diagram

Location: 42.7°, -1.8°

Obj 1306 Orientation: -83.0°, 90.0°

Sun Position: 138.1°, 66.0°

HSA: -138.9°

VSA: 108.5°

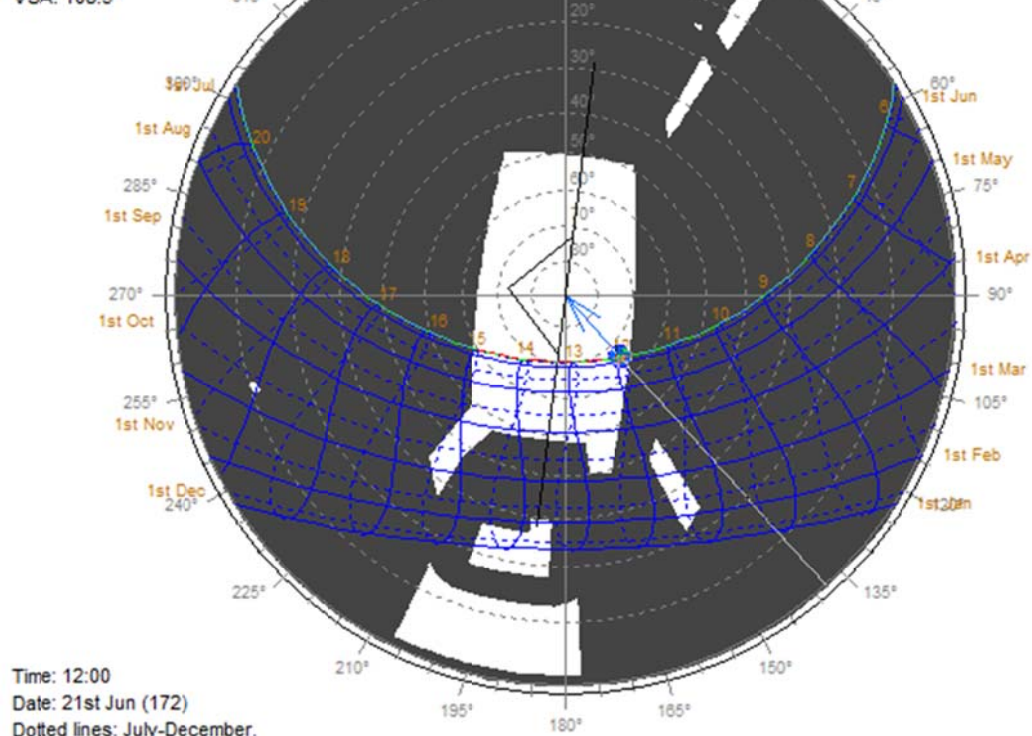


Figura 30. Ventana solar del patio 1 en un plano a 1.5 metros del suelo.

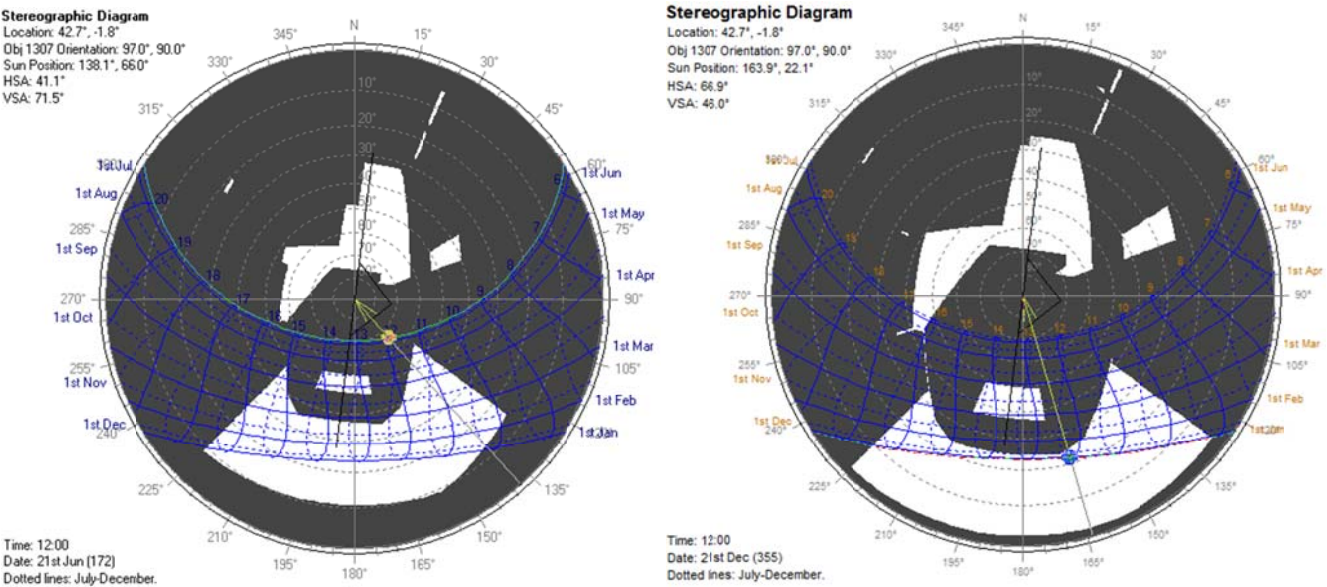
Las siguientes tablas muestran el porcentaje de sombra del patio en los dos planos de estudio, para los solsticios de invierno y verano, y los equinoccios de primavera y otoño. Puede apreciarse que efectivamente el patio se encuentra en sombra prácticamente la totalidad del tiempo.

Hora	21-jun	21-mar	21-dic	Hora	21-jun	21-mar	21-dic
6:00	100%			6:00	95%		
6:30	100%			6:30	87%		
7:00	100%			7:00	90%		
7:30	93%	100%		7:30	91%	100%	
8:00	87%	100%		8:00	91%	88%	
8:30	87%	100%		8:30	93%	91%	
9:00	91%	96%	100%	9:00	96%	93%	100%
9:30	90%	96%	100%	9:30	96%	95%	98%
10:00	93%	95%	100%	10:00	98%	95%	98%
10:30	95%	98%	100%	10:30	91%	96%	98%
11:00	93%	98%	100%	11:00	85%	96%	95%
11:30	83%	98%	100%	11:30	77%	91%	96%
12:00	63%	90%	98%	12:00	61%	80%	100%
12:30	58%	72%	96%	12:30	53%	66%	100%
13:00	49%	69%	96%	13:00	46%	50%	100%
13:30	46%	67%	93%	13:30	40%	53%	96%
14:00	58%	74%	95%	14:00	53%	59%	90%
14:30	67%	87%	95%	14:30	58%	72%	95%
15:00	72%	94%	70%	15:00	64%	70%	96%
15:30	91%	95%	83%	15:30	72%	85%	98%
16:00	98%	98%	87%	16:00	91%	96%	85%
16:30	97%	100%	97%	16:30	98%	100%	95%
17:00	100%	100%	100%	17:00	96%	98%	98%
17:30	100%	100%	100%	17:30	98%	100%	100%
18:00	100%	100%		18:00	98%	100%	
18:30	100%	100%		18:30	100%	100%	
19:00	100%	100%		19:00	100%	100%	
19:30	100%			19:30	100%		
20:00	100%			20:00	100%		
20:30	100%			20:30	100%		

Figuras 31a y 31b. Porcentajes de sombra del patio 1 en los planos del suelo y a 1,5 metros durante los solsticios y equinoccios.

2.1.1.2 Patio 2

Se procede a realizar el mismo estudio que para el patio 1.



Figuras 32a y 32b. Ventanas solares del patio 2 en el plano del suelo y en un plano a 1.5 metros.

Hora	21-jun	21-mar	21-dic
6:00	100%		
6:30	100%		
7:00	100%		
7:30	100%	100%	
8:00	89%	100%	
8:30	79%	100%	
9:00	70%	78%	100%
9:30	70%	54%	100%
10:00	70%	49%	73%
10:30	77%	41%	41%
11:00	82%	46%	20%
11:30	86%	54%	15%
12:00	91%	53%	8%
12:30	94%	67%	6%
13:00	100%	75%	0%
13:30	100%	75%	0%
14:00	96%	77%	10%
14:30	90%	69%	16%
15:00	91%	65%	32%
15:30	87%	60%	35%
16:00	81%	58%	48%
16:30	81%	63%	97%
17:00	93%	69%	100%
17:30	100%	74%	100%
18:00	100%	88%	
18:30	100%	100%	
19:00	100%	100%	
19:30	100%		
20:00	100%		
20:30	100%		

Hora	21-jun	21-mar	21-dic
6:00	100%		
6:30	100%		
7:00	100%		
7:30	100%	100%	
8:00	89%	100%	
8:30	79%	100%	
9:00	70%	78%	100%
9:30	70%	54%	100%
10:00	70%	49%	73%
10:30	77%	41%	41%
11:00	82%	46%	20%
11:30	86%	54%	15%
12:00	91%	53%	8%
12:30	94%	67%	6%
13:00	100%	75%	0%
13:30	100%	75%	0%
14:00	96%	77%	10%
14:30	90%	69%	16%
15:00	91%	65%	32%
15:30	87%	60%	35%
16:00	81%	58%	48%
16:30	81%	63%	97%
17:00	93%	69%	100%
17:30	100%	74%	100%
18:00	100%	88%	
18:30	100%	100%	
19:00	100%	100%	
19:30	100%		
20:00	100%		
20:30	100%		

Figuras 33a y 33b. Porcentajes de sombra del patio 2 en los planos del suelo y a 1,5 metros los días 21 de junio, 21 de diciembre y 21 de marzo.

En este caso, las características de protección solar son idóneas, permaneciendo en sombra en verano y permitiéndose la radiación solar directa en periodos de mayor necesidad de exposición solar.

2.1.2 Ventana estudio

Se muestra a su vez su ventana solar y la tabla que indica el porcentaje de sombra para los solsticios y los equinoccios. En este caso se puede apreciar la idoneidad de la protección solar, que limita la entrada de radiación solar en verano pero la permite en los periodos menos cálidos, cuando ésta es necesaria.

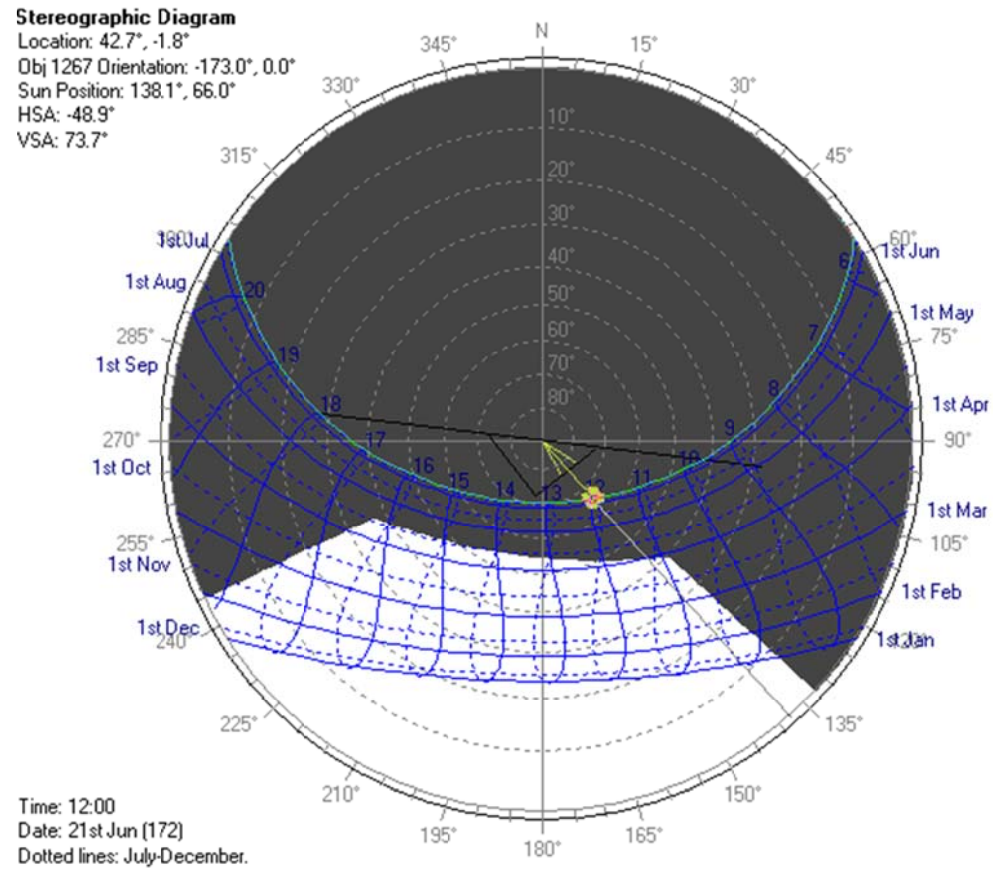


Figura 34. Ventana solar para la ventana del estudio.

Hora	21-jun	21-mar	21-dic
6:00	100%		
6:30	100%		
7:00	100%		
7:30	100%	100%	
8:00	100%	100%	
8:30	100%	100%	
9:00	100%	100%	65%
9:30	100%	97%	62%
10:00	100%	87%	55%
10:30	100%	77%	51%
11:00	100%	74%	48%
11:30	100%	69%	47%
12:00	100%	60%	44%
12:30	100%	63%	44%
13:00	100%	62%	44%
13:30	100%	59%	44%
14:00	100%	59%	43%
14:30	93%	59%	44%
15:00	100%	58%	44%
15:30	100%	51%	41%
16:00	100%	55%	29%
16:30	100%	56%	31%
17:00	100%	59%	31%
17:30	100%	61%	41%
18:00	100%	68%	
18:30	100%	100%	
19:00	100%	100%	
19:30	100%		
20:00	100%		
20:30	100%		

Figura 35. Porcentajes de sombra de la ventana del estudio los días 21 de junio, 21 de diciembre y 21 de marzo.

2.1.3 Ventana dormitorio principal

Se procede a realizar un estudio de sombras más detallado de dicha ventana, en la que se prevé una mayor problemática.

En primer lugar, se muestra su ventana solar, donde se aprecia el efecto de los otros elementos del proyecto sobre dicha superficie. Se han indicado las sombras producidas por el estudio mediante el color azul y las provocadas por los muros de cierre exteriores mediante el color verde.

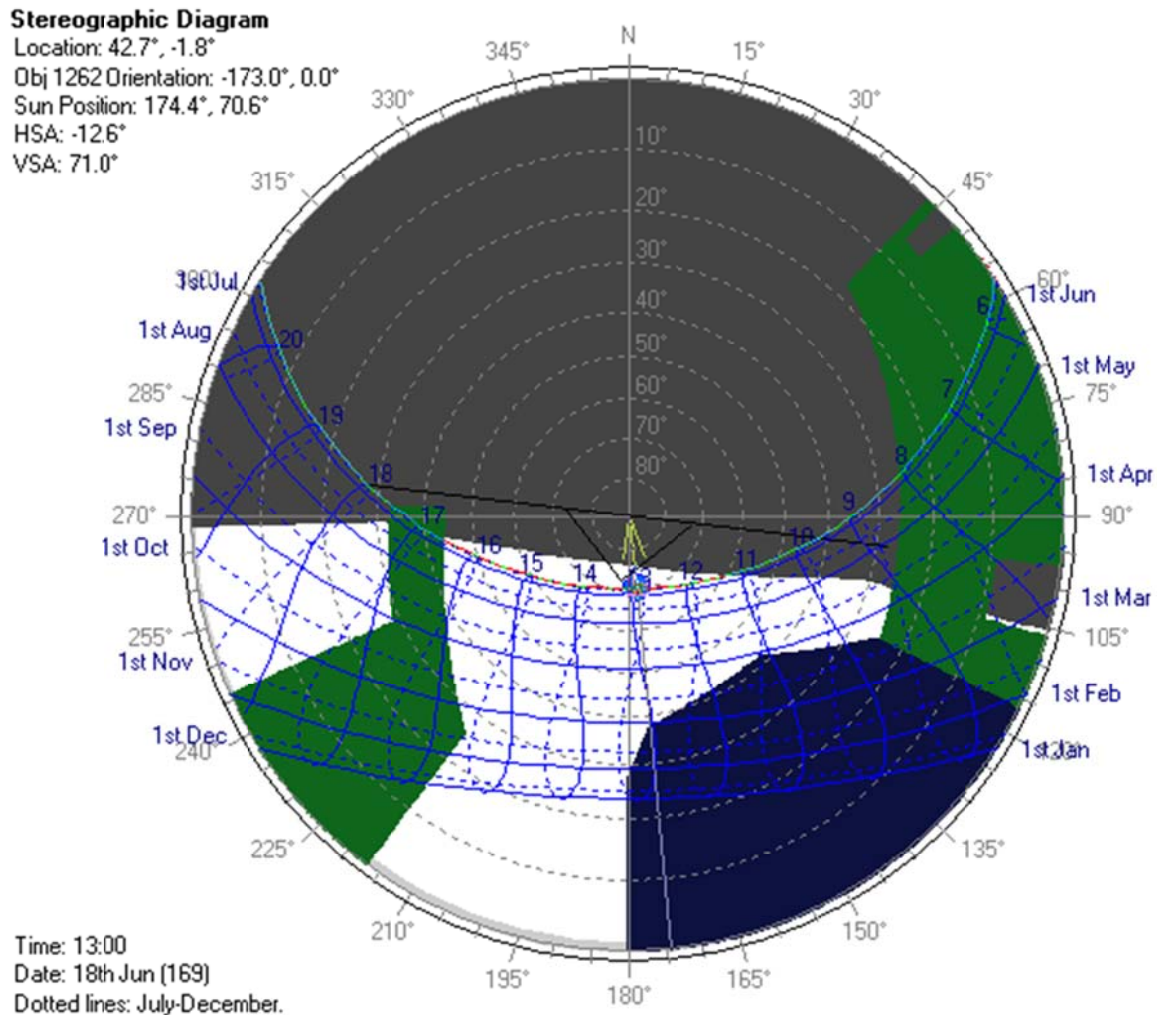


Figura 36. Ventana solar para la ventana al sur del dormitorio principal, mostrando el efecto del estudio (color azul) y los muros de cierre exteriores (color verde).

A continuación se muestra la tabla que indica el porcentaje de sombra para los solsticios de invierno y verano y el equinoccio de primavera –semejante al de otoño-. Puede apreciarse que efectivamente se recibe una gran cantidad de radiación las horas centrales de verano (de 11:00 a 16:30), mientras que se bloquea completamente dicha radiación durante las primeras horas de la mañana durante el invierno (de 10:00 a 12:00).

Hora	21-jun	21-mar	21-dic
6:00	100%		
6:30	100%		
7:00	100%		
7:30	100%	100%	
8:00	100%	100%	
8:30	100%	94%	
9:00	100%	98%	100%
9:30	100%	81%	100%
10:00	100%	76%	100%
10:30	80%	82%	100%
11:00	72%	76%	100%
11:30	61%	68%	100%
12:00	58%	64%	100%
12:30	49%	45%	88%
13:00	48%	37%	59%
13:30	39%	31%	49%
14:00	35%	18%	29%
14:30	35%	15%	22%
15:00	42%	23%	33%
15:30	49%	37%	40%
16:00	58%	61%	62%
16:30	71%	75%	76%
17:00	99%	71%	100%
17:30	100%	53%	86%
18:00	100%	37%	
18:30	100%	40%	
19:00	100%	60%	
19:30	100%		
20:00	100%		
20:30	100%		

Figura 37. Porcentajes de sombra de la ventana del dormitorio principal los días 21 de junio, 21 de diciembre y 21 de marzo.

Este comportamiento se puede apreciar también mediante un nuevo estudio del diagrama de sombras de dicha ventana, en este caso superpuesto a una proyección ortográfica de la trayectoria solar anual, que contempla el porcentaje de sombra en dicha superficie, así como su intensidad.

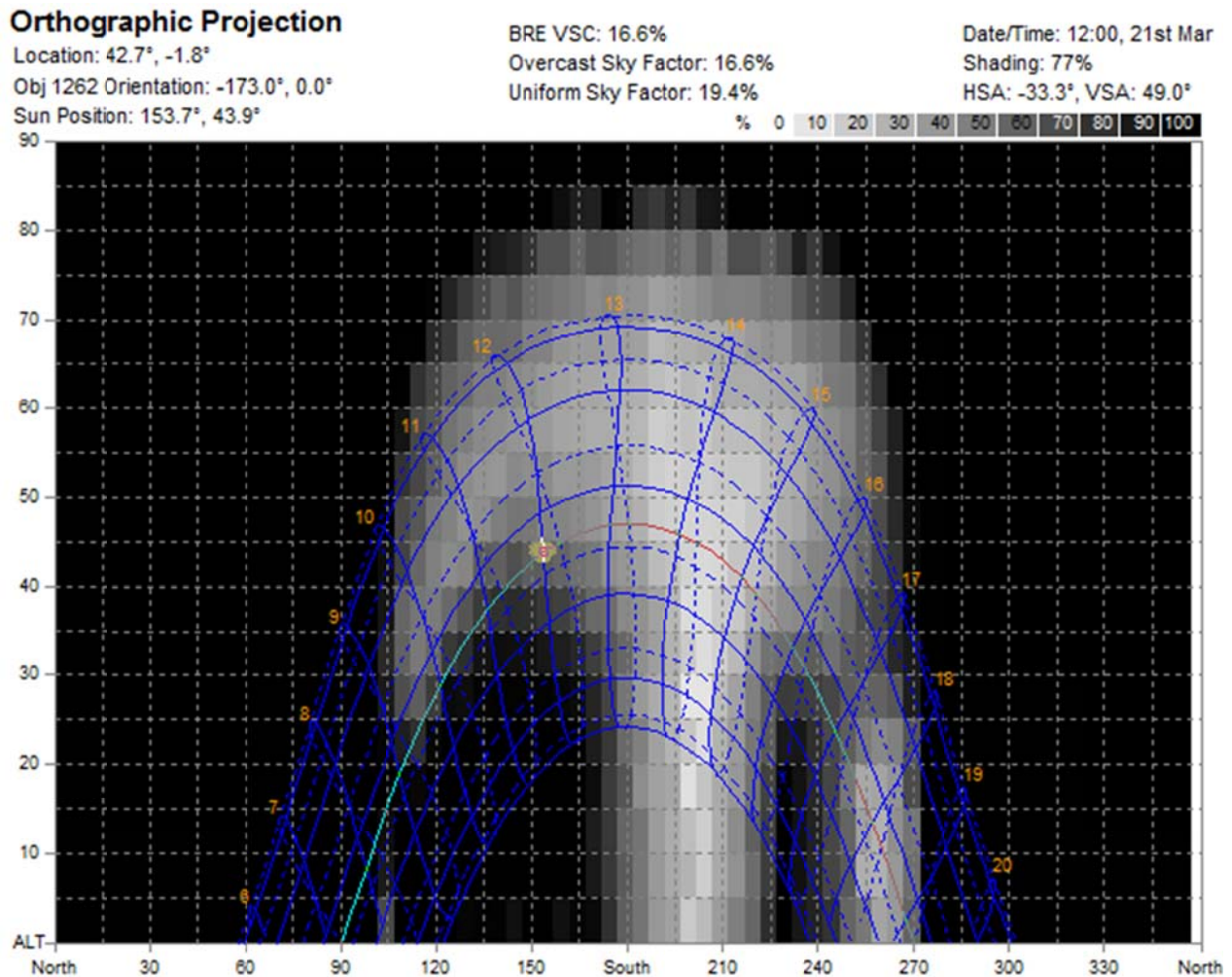


Figura 38. Diagrama de sombras ortográfico de la ventana del dormitorio principal. El eje vertical muestra la altura solar y el eje horizontal el azimut (ángulo de giro de la proyección de los rayos solares sobre un plano horizontal, tomando como origen el sur – trayectoria este-sur-oeste –).

La problemática vista indica la probable necesidad de implementar algún tipo de protección solar, así como el estudio de ligeras modificaciones en la configuración y disposición del estudio y los muros de cierre exteriores, aspectos que estudiaremos un poco más adelante.

2.1.4 Ventana salón

El estudio realizado es similar al realizado para la ventana del dormitorio principal, al preverse una problemática similar.

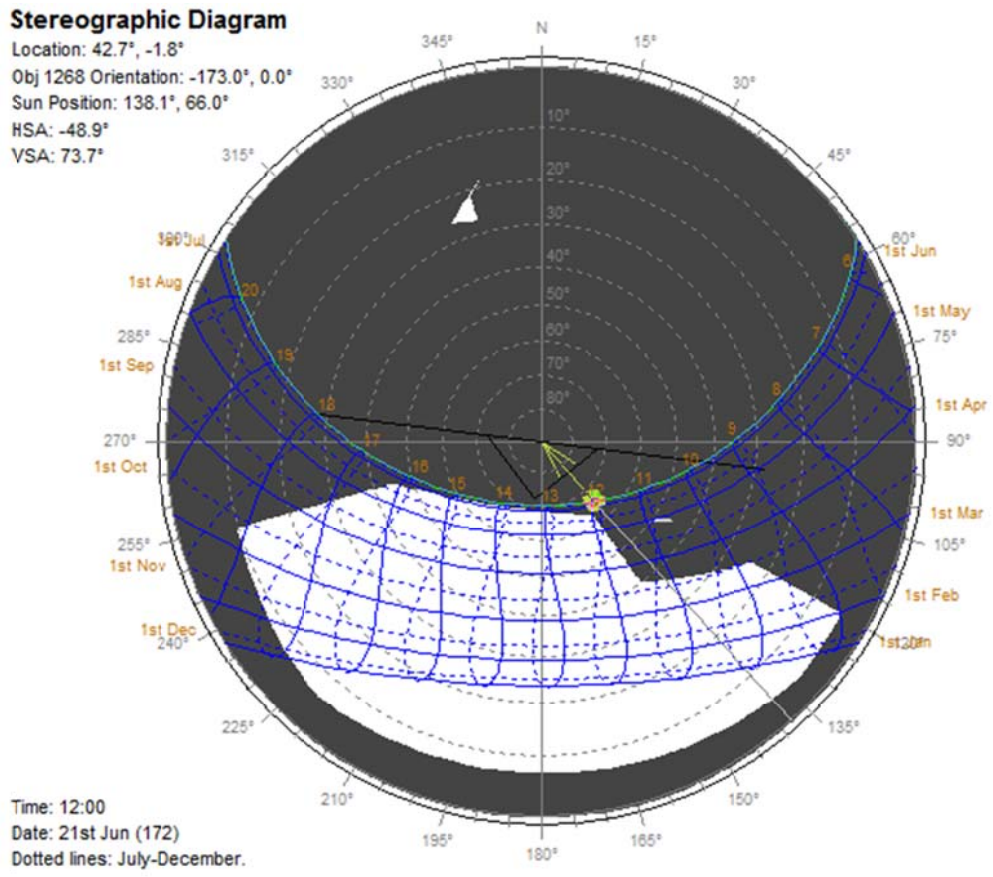


Figura 39. Ventana solar para la ventana al sur del salón.

Hora	21-jun	21-mar	21-dic
6:00	100%		
6:30	100%		
7:00	100%		
7:30	100%	100%	
8:00	100%	100%	
8:30	100%	100%	
9:00	100%	100%	88%
9:30	100%	90%	59%
10:00	100%	92%	44%
10:30	100%	80%	42%
11:00	100%	91%	38%
11:30	100%	60%	34%
12:00	91%	42%	31%
12:30	66%	42%	30%
13:00	68%	37%	26%
13:30	68%	36%	25%
14:00	58%	26%	14%
14:30	57%	25%	14%
15:00	72%	28%	21%
15:30	79%	31%	20%
16:00	75%	36%	30%
16:30	79%	38%	44%
17:00	100%	42%	88%
17:30	100%	49%	89%
18:00	100%	68%	
18:30	100%	100%	
19:00	100%	100%	
19:30	100%		
20:00	100%		
20:30	100%		

Figura 40. Porcentajes de sombra de la ventana del salón los días 21 de junio, 21 de diciembre y 21 de marzo.

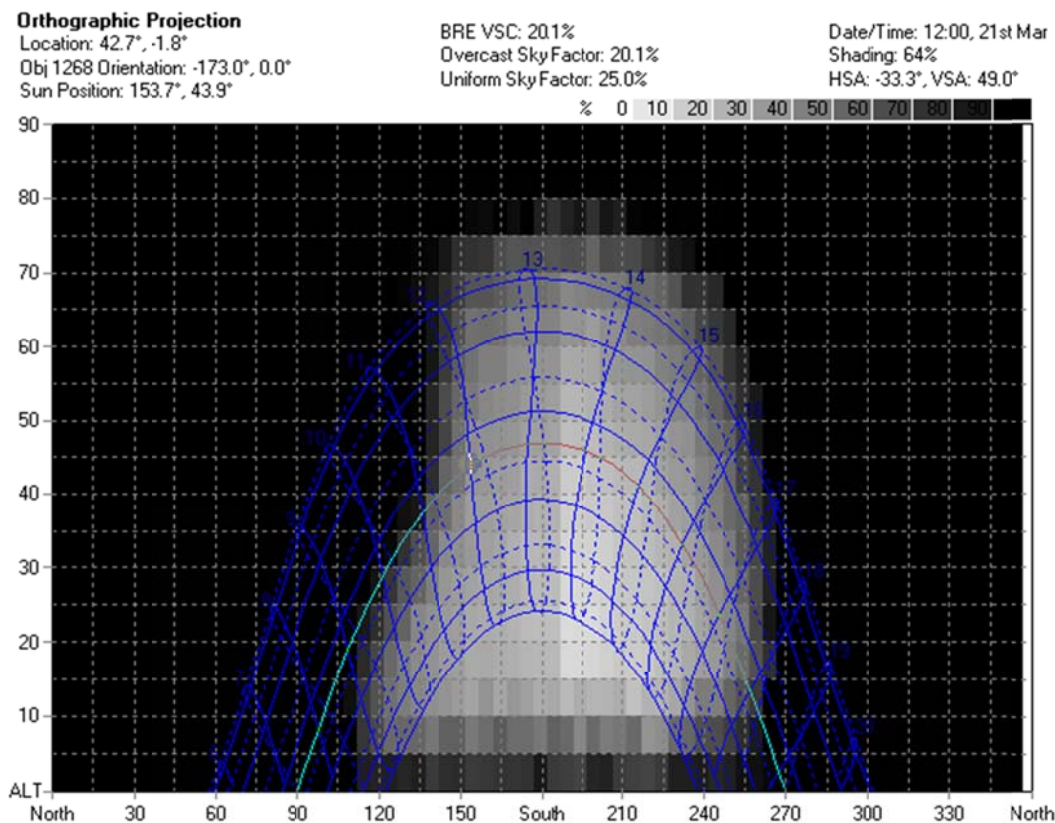


Figura 41. Diagrama de sombras ortográfico de la ventana del salón.

Se puede apreciar un comportamiento similar a la ventana del dormitorio principal durante el verano, aunque se acortan las horas de incidencia de radiación directa solar durante las primeras horas del medio día (de 10:30 a 12:00) y se reduce ligeramente el porcentaje de radiación durante el resto de horas (de 12:30 a 16:30). Por otro lado, su comportamiento durante el invierno es mejor, desapareciendo el bloqueo solar de las primeras horas de la mañana.

En conclusión, se aprecia un comportamiento inadecuado en algunos de los elementos de estudio, por lo que se sugieren las siguientes medidas:

- Reconfiguración de los muros de cierre exteriores, estudiando la ubicación de perforaciones que proporcionen una mejor iluminación al patio y a las estancias en planta baja, así como una posible reducción de su altura.
- Reconsideración de la disposición del estudio, recomendándose al menos una reducción en altura en su volumetría y un descenso de su posición actual –teniendo en cuenta su diferente efecto sobre las diversas partes estudiadas del patio-.
- Implementación de algún sistema de protección solar en las ventanas orientadas al sur del salón y del dormitorio principal.

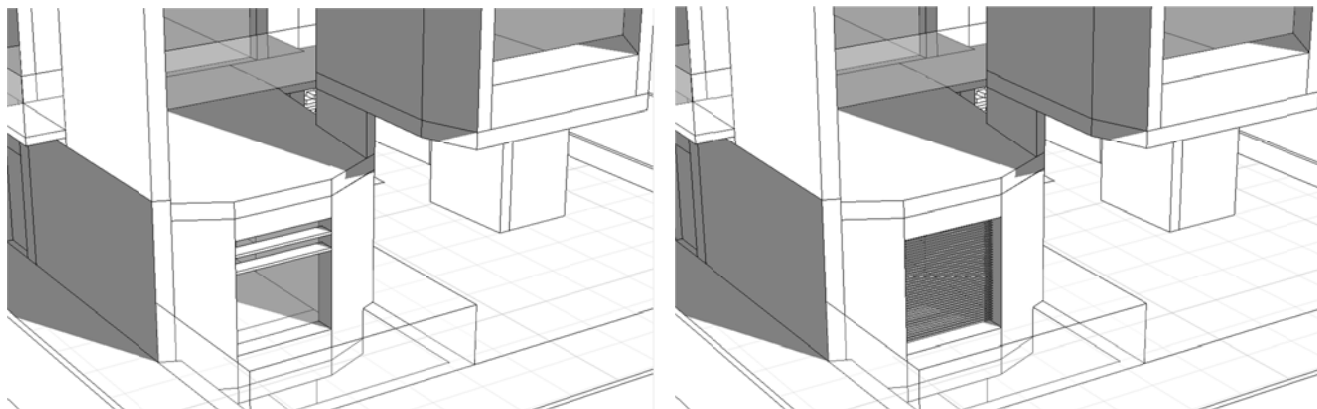
En el siguiente apartado se realiza un estudio más pormenorizado del patio (patio 1; ver apartado 2.2.1) y se proponen dos sistemas de protección solar, evaluándose y cuantificándose su efecto desde el punto de vista de la radiación solar incidente, tanto directa como difusa.

Nota: Se considera que, por las similares características de la problemática de las ventanas al sur del salón y del dormitorio principal, el análisis de las medidas a tomar en cuanto a protección solar son extrapolables a ambos casos. Por eso, el estudio se centra en la ventana del salón, ya que además de constituir una estancia con un uso más continuado, la problemática de dicha ventana no está condicionada más que a la instalación de las protecciones solares (sin afectarle en alto grado las posibles actuaciones sobre el estudio y los muros de cierre exteriores).

2.2 Radiación solar incidente

Siguiendo las indicaciones del punto anterior, se plantean 2 propuestas de protecciones solares para la ventana sur del salón, realizándose el estudio de radiación solar incidente en el patio (patio 1) y en dicha ventana.

La primera propuesta consiste en la colocación de dos protecciones horizontales fijas en la parte superior de la ventana, de la anchura del espesor del muro, separadas 30 cm. De la parte superior del hueco y entre sí, y con un espesor aproximado de 5cm. A su vez, la segunda propuesta consiste en la colocación de una persiana de lamas orientables, con una dimensión y separación entre las lamas de 5 cm., de forma que se permita un cierre total.



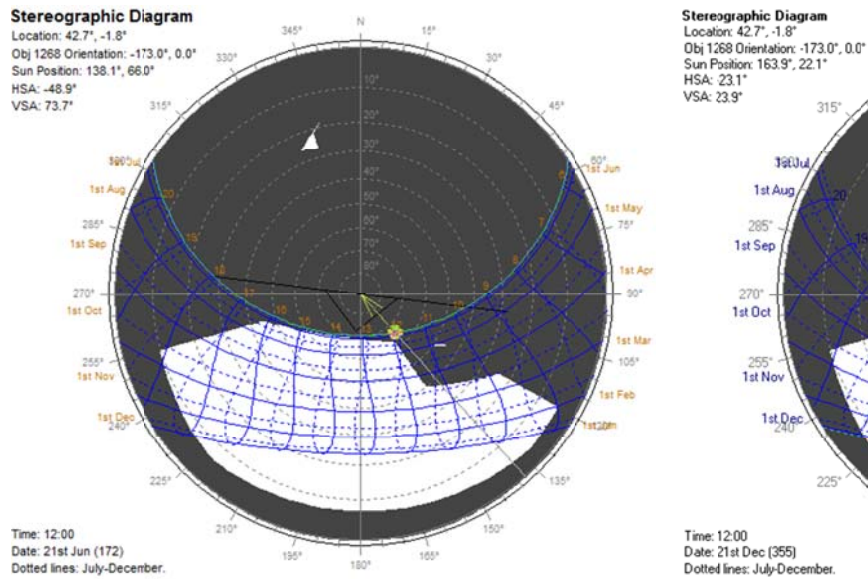
Figuras 42a y 42b. Protección solar tipo 1 (protecciones fijas horizontales) y tipo 2 (persiana de lamas orientables).

Pero antes de iniciar con el análisis de radiación solar, desde el punto de vista del análisis de sombras (apartado anterior), el efecto de las protecciones solares en la ventana del salón se evalúa calculando el coeficiente de sombra medio mensual, correspondiente al porcentaje de la superficie sin sombra.

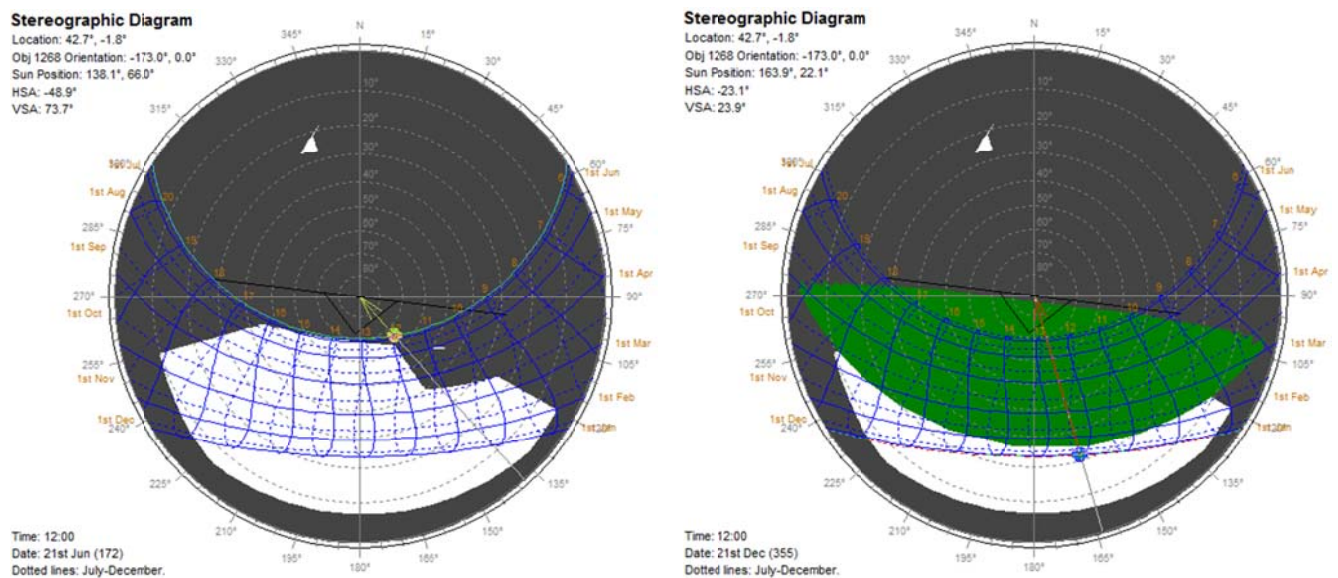
	Coeficiente de sombra medio		
	Sin protección	protecc. Horizontales	lamas
Enero	60,60%	48,90%	30,60%
Febrero	49,10%	35,30%	10,20%
Marzo	33,80%	22,10%	0,40%
Abril	20,70%	11,50%	0,00%
Mayo	12,60%	5,10%	0,00%
Junio	9,50%	2,90%	0,00%
Julio	13,40%	6,20%	0,00%
Agosto	23,70%	14,00%	0,00%
Septiembre	38,80%	26,10%	0,90%
Octubre	54,30%	40,80%	18,20%
Noviembre	59,70%	48,40%	32,40%
Diciembre	58,60%	48,70%	35,60%
Invierno	56,10%	44,30%	25,50%
Verano	11,80%	4,70%	0,00%
Anual	36,20%	25,80%	10,70%

Figura 43. Coeficiente de sombra medio mensual (superficie sin sombra) para la ventana del salón.

A su vez, se muestra el efecto de las diversas propuestas de protección solar mediante la ventana solar.



Figuras 44a y 44b. Ventanas solares para la ventana al sur del salón sin protección y con protecciones fijas horizontales (efecto en color azul).



Figuras 45a y 45b. Ventanas solares para la ventana al sur del salón sin protección y con persiana de lamas orientables (efecto en color verde)..

2.2.1 Cálculo de insolación

En primera lugar, se procede al cálculo de insolación –término que hace referencia a la cantidad de radiación incidente en un punto o superficie a lo largo de un periodo de tiempo-, lo que nos aporta un conocimiento espacial de la radiación incidente.

Como elección del periodo de tiempo especificado para dicho estudio se ha elegido las horas y meses durante las cuales suele ser adecuado protegerse de la radiación solar (del 1 de mayo al 30 de septiembre y de las 10:00 a las 17:00).

From: 01 mayo (mar)

To: 30 septiembre (dom)

Jan Feb Mar Apr May Jun Jul Aug Sep Oct Nov Dec

{ from ————— to }

10:00 17:00

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23

{ from ————— to }

2.2.1.1 Insolación en el patio

Las siguientes imágenes muestran la distribución e intensidad de la radiación solar incidente en el patio (total acumulada durante el periodo anteriormente definido), lo que nos ayuda a entender mejor sus necesidades.

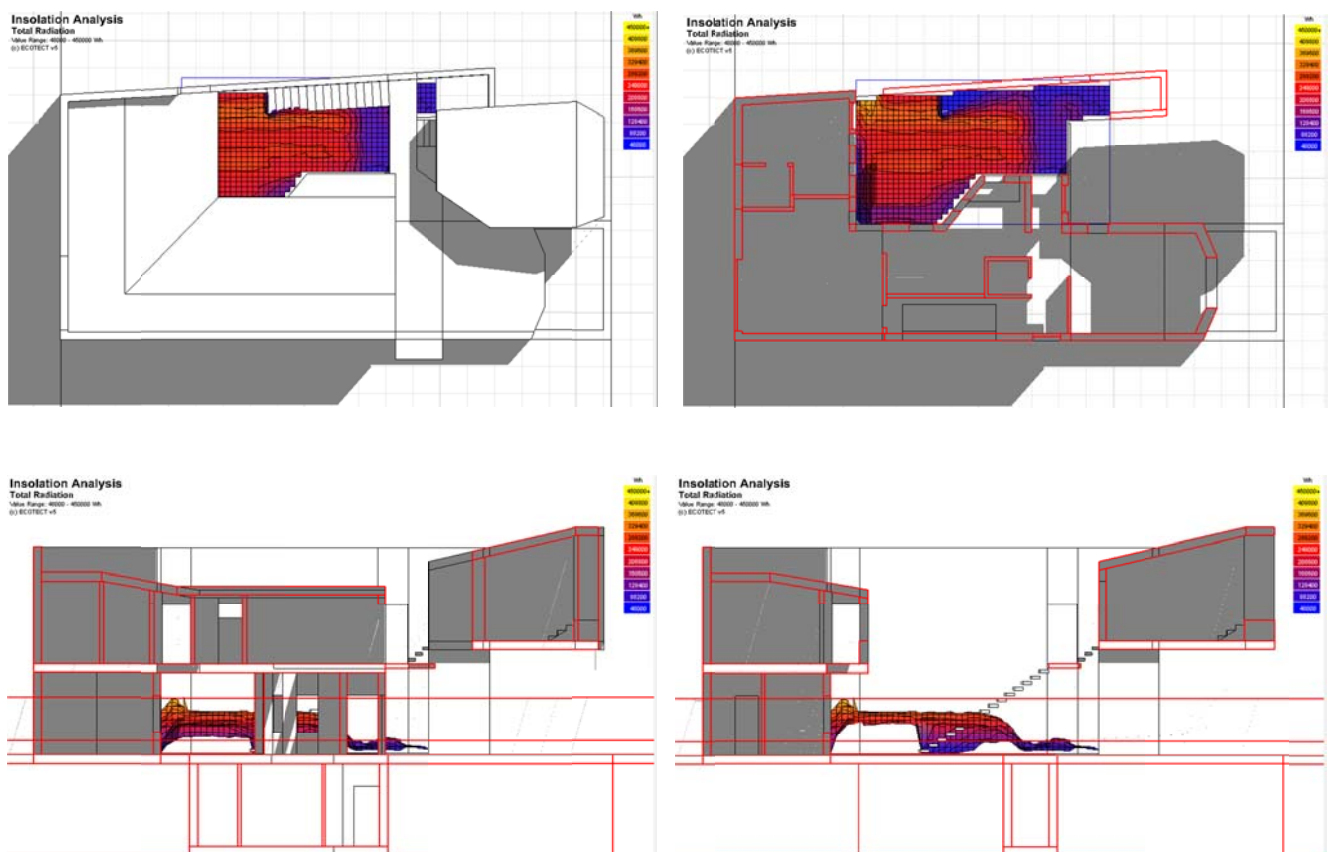
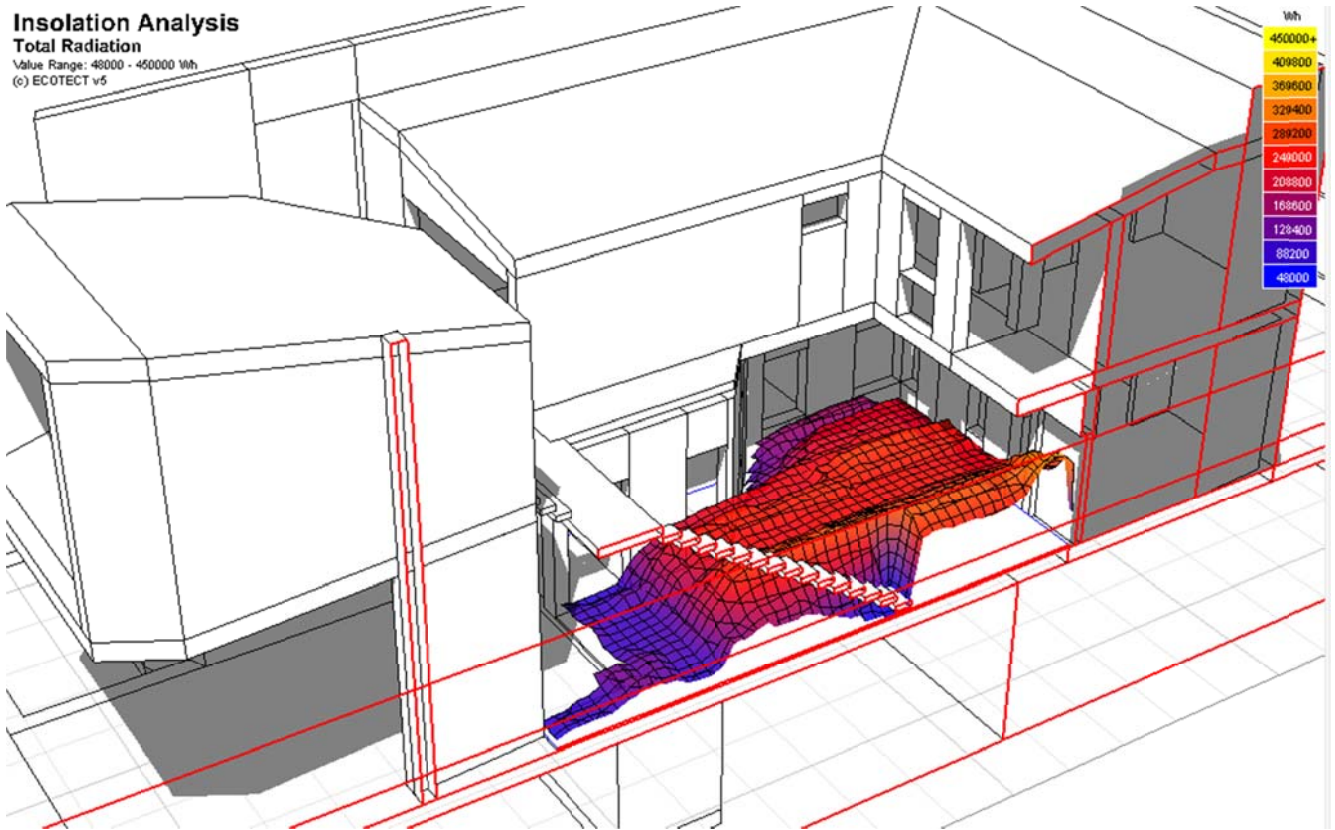


Figura 46. Plantas y secciones. Radiación solar incidente en el patio.

Insolation Analysis

Total Radiation

Value Range: 48000 - 450000 Wh
(c) ECOTECT v5



Insolation Analysis

Total Radiation

Value Range: 48000 - 450000 Wh
(c) ECOTECT v5

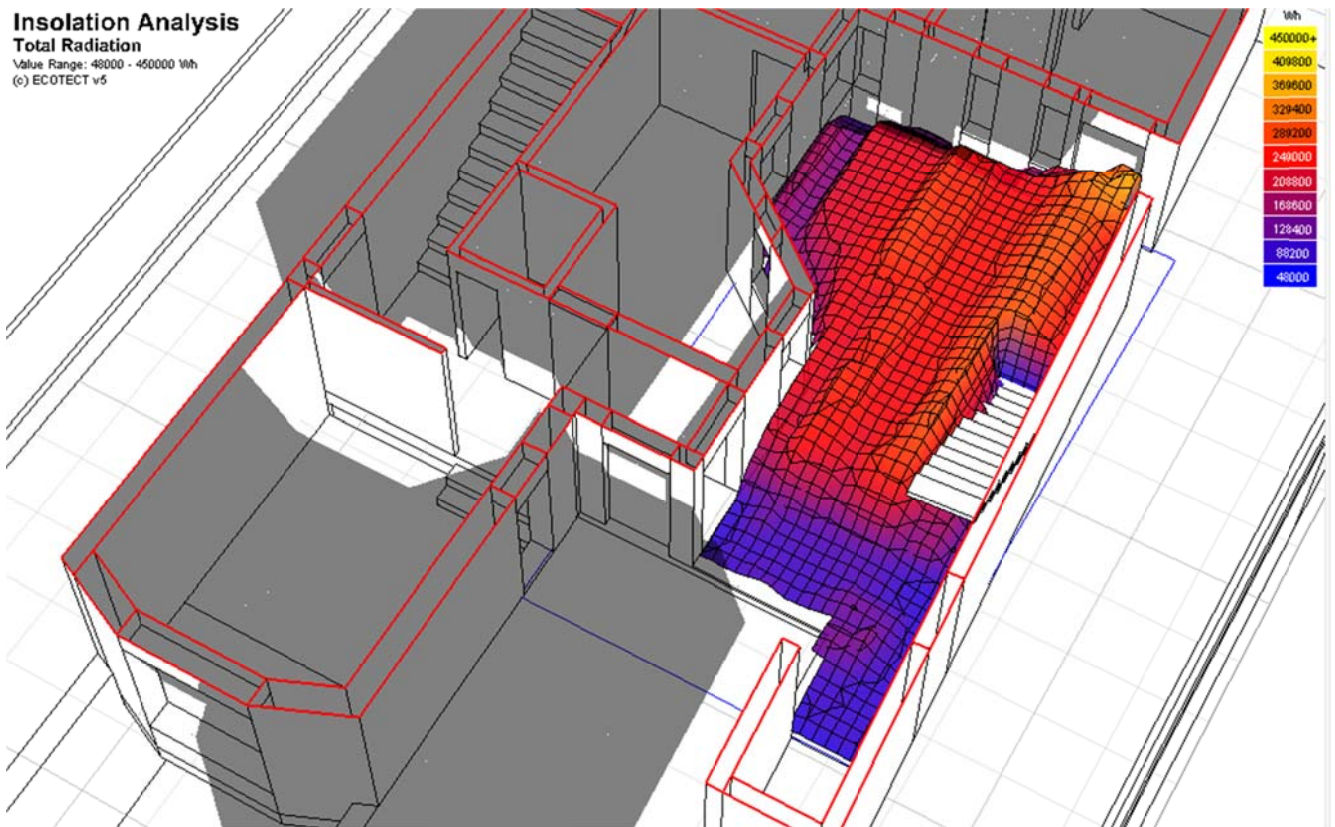


Figura 47. Perspectivas. Radiación solar incidente en el patio.

2.2.1.2 Insolación en la ventana del salón

Las siguientes imágenes muestran la distribución e intensidad de la radiación solar incidente en la ventana del salón, sin protecciones y con las dos propuestas de protección solar (total acumulada durante el periodo anteriormente definido).

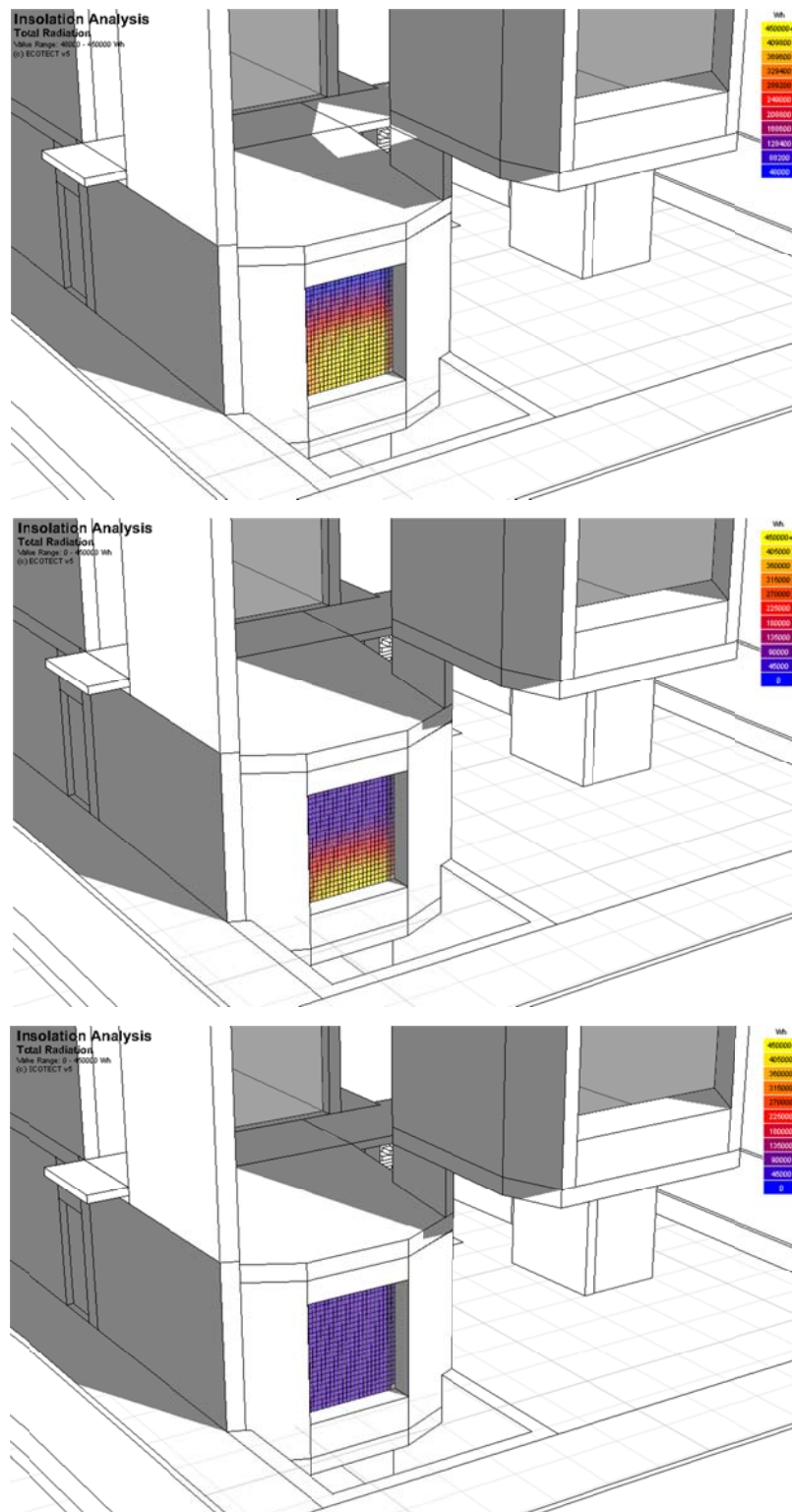


Figura 48. Distribución de la radiación solar total incidente en la ventana sur del salón. De arriba abajo, sin protección solar, con protecciones fijas horizontales y con persiana de lamas orientables. Las protecciones no se muestran para facilitar la visualización.

La siguiente tabla cuantifica la distribución de la radiación solar total de la ventana del salón, mediante la especificación del número de puntos (de un total de 621 que conforman la malla de análisis realizada) que reciben una cantidad de radiación específica (expresada en Wh).

La distribución se realiza para dicha superficie sin protección, con las protecciones fijas horizontales, y con la persiana de lamas orientable.

Intervalos (from-to)	sin protección				con protecciones horizontales				con lamas			
	Dentro Pts	(%)	Superior Pts	(%)	Dentro Pts	(%)	Superior Pts	(%)	Dentro Pts	(%)	Superior Pts	(%)
0-25000	0	0	621	100	0	0	621	100	0	0	621	100
25000-50000	70	11	621	100	107	17	621	100	75	12	621	100
50000-75000	72	12	551	89	189	30	514	83	546	88	546	88
75000-100000	13	2	479	77	26	4	325	52	0	0	0	0
100000-125000	21	3	466	75	22	4	299	48	0	0	0	0
125000-150000	32	5	445	72	29	5	277	45	0	0	0	0
150000-175000	25	4	413	67	22	4	248	40	0	0	0	0
175000-200000	28	5	388	62	24	4	226	36	0	0	0	0
200000-225000	16	3	360	58	16	3	202	33	0	0	0	0
225000-250000	26	4	344	55	26	4	186	30	0	0	0	0
250000-275000	30	5	318	51	20	3	160	26	0	0	0	0
275000-300000	24	4	288	46	15	2	140	23	0	0	0	0
300000-325000	19	3	264	43	28	5	125	20	0	0	0	0
325000-350000	38	6	245	39	13	2	97	16	0	0	0	0
350000-375000	36	6	207	33	18	3	84	14	0	0	0	0
375000-400000	60	10	171	28	39	6	66	11	0	0	0	0
400000-425000	98	16	111	18	27	4	27	4	0	0	0	0
425000-450000	13	2	13	2	0	0	0	0	0	0	0	0

Figura 49. Distribución de la radiación solar total incidente en la ventana sur del salón. Número de puntos de la malla que reciben una cantidad de radiación solar (Wh) determinada.

Se puede apreciar la drástica reducción de radiación producida por la segunda propuesta, pero es necesario un análisis temporal para conocer la idoneidad de ambas propuestas.

2.2.2 Cálculo de exposición solar

Con este análisis, complemento del cálculo de insolación, determinamos la radiación solar recibida como media diaria durante todo el año, aportando el necesario conocimiento temporal de los efectos de las diversas propuestas de protecciones solares.

Los siguientes apartados muestran la radiación solar incidente -total, directa y difusa- en la ventana del salón.

2.2.2.1 Radiación solar total incidente

En primera instancia, se calcula la radiación solar incidente total en la ventana del salón orientada al sur, sin protección, con las protecciones fijas horizontales y con la persiana de lamas orientable.

Hora	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	0	0	0	0	13	18	15	0	0	0	0	0
8	0	0	0	23	34	36	31	26	14	0	0	0
9	0	0	26	41	53	50	41	40	32	22	0	0
10	22	45	46	58	69	65	54	54	49	69	67	24
11	113	146	90	73	81	74	60	67	54	113	138	121
12	157	188	132	76	97	82	74	79	61	195	168	174
13	212	268	207	160	127	96	96	132	254	241	208	201
14	213	332	264	203	170	138	176	210	282	283	263	259
15	251	394	315	240	200	153	185	214	309	292	302	294
16	210	302	279	217	145	141	165	191	293	232	234	220
17	134	203	189	162	108	93	92	149	195	169	108	83
18	0	84	100	84	54	47	53	71	106	45	0	0
19	0	0	20	27	28	32	29	23	14	0	0	0
20	0	0	0	0	10	15	14	5	0	0	0	0
21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Figura 50. Variación horaria anual de la radiación solar total incidente en la ventana sur del salón (W/m^2) sin protecciones solares.

Hora	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	0	0	0	0	11	15	12	0	0	0	0	0
8	0	0	0	18	27	29	25	21	11	0	0	0
9	0	0	21	34	43	40	33	33	26	18	0	0
10	18	35	37	47	56	53	44	44	40	54	54	19
11	93	115	79	59	66	60	49	55	44	96	112	98
12	128	142	116	62	78	67	60	64	49	142	135	142
13	168	192	147	112	91	68	69	90	169	173	166	160
14	167	255	180	137	114	85	108	133	189	202	209	208
15	203	299	214	163	131	91	111	135	207	200	237	239
16	165	237	193	149	92	88	98	119	201	163	183	182
17	107	156	131	109	72	61	58	98	134	128	86	71
18	0	67	73	59	41	39	36	49	73	34	0	0
19	0	0	14	20	22	26	24	18	9	0	0	0
20	0	0	0	0	8	13	11	4	0	0	0	0
21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Figura 51. Variación horaria anual de la radiación solar total incidente en la ventana sur del salón (W/m²) con las protecciones solares fijas horizontales.

Hora	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	0	0	0	0	7	10	8	0	0	0	0	0
8	0	0	0	12	18	20	17	14	7	0	0	0
9	0	0	14	22	29	27	22	17	12	0	0	0
10	14	26	25	32	38	35	29	30	25	26	40	16
11	67	56	33	40	44	40	33	37	30	30	66	67
12	84	42	38	41	52	45	40	43	33	39	78	89
13	104	63	42	44	54	46	44	45	35	64	93	102
14	97	122	46	43	54	45	42	44	35	62	106	136
15	138	141	52	40	49	43	41	42	32	58	137	152
16	107	112	52	36	41	38	36	34	27	47	115	140
17	75	91	38	29	33	33	29	30	22	60	58	58
18	0	53	29	21	24	26	23	21	23	24	0	0
19	0	0	9	10	15	18	16	12	5	0	0	0
20	0	0	0	0	5	8	8	3	0	0	0	0
21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Figura 52. Variación horaria anual de la radiación solar total incidente en la ventana sur del salón (W/m²) con la persiana de lamas orientables.

Los siguientes gráficos y tablas valoran el efecto de las protecciones solares en la radiación solar total incidente según el sistema de protección solar.

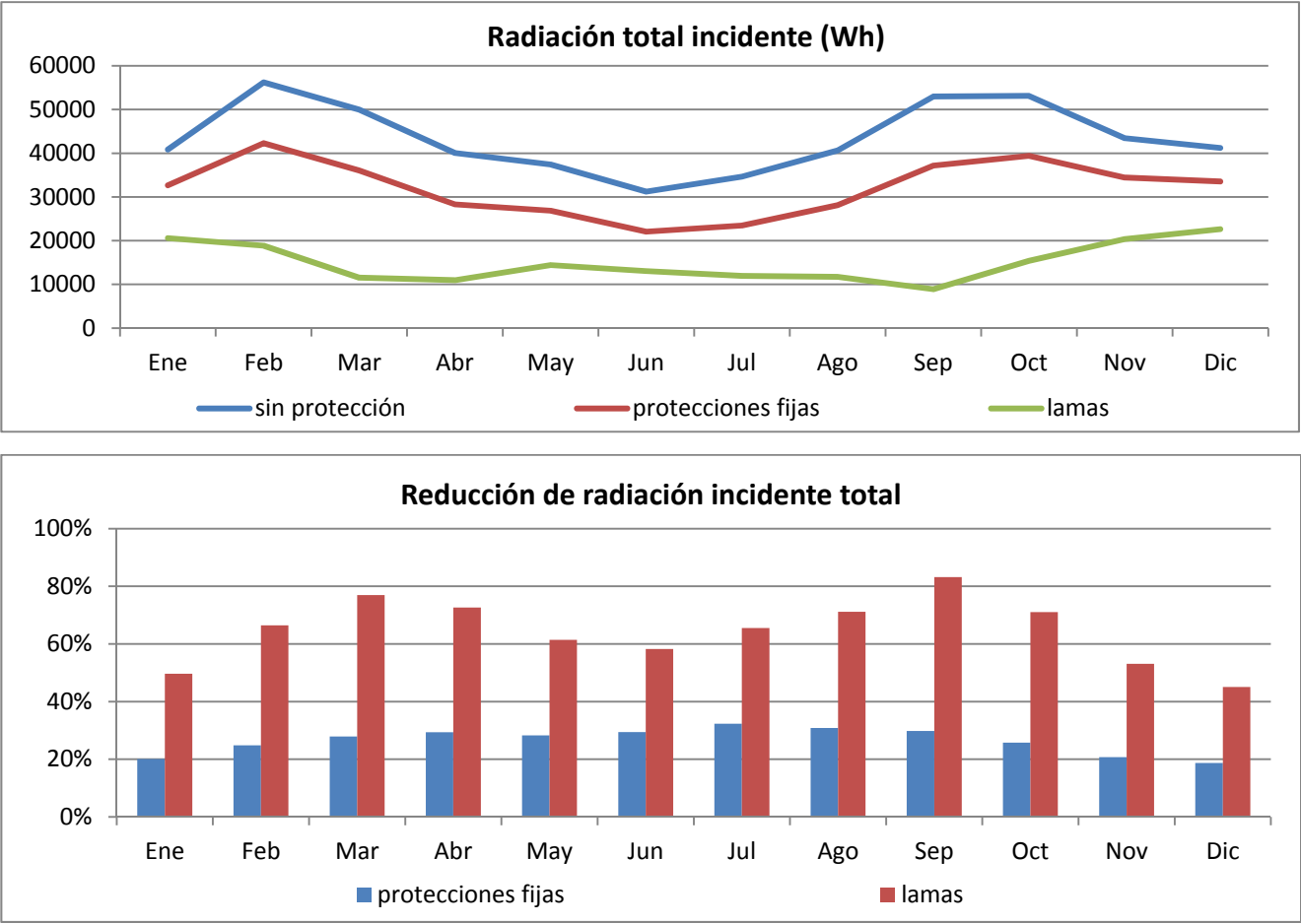


Figura 53. Variación anual y reducción promedio mensual de la radiación solar total incidente (Wh) según sistema de protección solar en ventana salón.

	Radiación total incidente (Wh)			Reducción radiación incidente total	
	sin protección	protecciones fijas	laminas	protecciones fijas	laminas
Ene	40850	32653	20568	20,1%	49,6%
Feb	56216	42278	18858	24,8%	66,5%
Mar	49992	36045	11534	27,9%	76,9%
Abr	40055	28299	10971	29,3%	72,6%
May	37420	26845	14432	28,3%	61,4%
Jun	31240	22046	13048	29,4%	58,2%
Jul	34656	23466	11940	32,3%	65,5%
Ago	40636	28106	11728	30,8%	71,1%
Sep	52956	37162	8901	29,8%	83,2%
Oct	53100	39415	15387	25,8%	71,0%
Nov	43441	34447	20376	20,7%	53,1%
Dic	41216	33520	22648	18,7%	45,1%
Promedio	43482	32024	15033	26,5%	64,5%

Figura 54. Variación anual y reducción promedio mensual de la radiación solar total incidente (Wh) según sistema de protección solar en ventana salón.

2.2.2.2 Radiación solar incidente directa y difusa

A continuación, se determina la variación de la radiación solar directa y difusa.

Una estrategia óptima de protección solar minimiza lo máximo posible la radiación solar directa durante los periodos más cálidos, permitiendo dicha radiación durante los periodos en los que es necesaria, a la vez que reduce lo mínimo posible la radiación solar difusa, posibilitando una adecuada iluminación natural de los espacios.

Hora	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	6	21	0	0	0	0	0	0	2	27	41	7
11	83	111	30	0	0	0	0	0	0	57	102	93
12	119	145	62	0	0	0	0	0	0	137	123	138
13	170	222	129	79	28	12	16	50	190	175	159	160
14	168	284	185	123	70	56	99	129	217	217	214	220
15	215	348	242	166	110	74	110	137	249	234	260	261
16	179	259	221	151	70	72	99	129	242	187	202	195
17	118	172	144	109	48	33	38	94	155	142	92	72
18	0	69	73	45	9	0	11	31	79	34	0	0
19	0	0	12	9	0	0	0	0	6	0	0	0
20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Figura 55. Variación horaria anual de la radiación solar directa incidente en la ventana sur del salón (W/m^2) sin protecciones solares.

Hora	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	5	14	0	0	0	0	0	0	2	20	33	6
11	68	86	30	0	0	0	0	0	0	50	83	75
12	96	107	59	0	0	0	0	0	0	95	98	113
13	134	154	84	46	10	0	3	23	116	119	126	127
14	131	216	116	73	33	19	45	68	136	149	169	176
15	173	261	155	103	58	26	50	73	158	153	203	212
16	141	202	146	96	31	32	44	68	160	127	156	162
17	94	131	94	66	23	12	14	54	102	107	73	62
18	0	55	51	28	4	0	2	17	52	25	0	0
19	0	0	8	6	0	0	0	0	3	0	0	0
20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Figura 56. Variación horaria anual de la radiación solar directa incidente en la ventana sur del salón (W/m²) con las protecciones solares fijas horizontales.

Hora	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	6	13	0	0	0	0	0	0	0	3	26	7
11	50	37	0	0	0	0	0	0	0	0	47	52
12	63	19	0	0	0	0	0	0	0	8	54	70
13	81	37	0	0	0	0	0	0	0	28	67	79
14	72	96	3	0	0	0	0	0	0	26	79	115
15	118	116	13	0	0	0	0	0	0	26	114	134
16	90	88	21	0	0	0	0	0	0	23	97	126
17	66	74	14	0	0	0	0	0	0	45	50	52
18	0	44	14	0	0	0	0	0	8	18	0	0
19	0	0	4	0	0	0	0	0	1	0	0	0
20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Figura 57. Variación horaria anual de la radiación solar directa incidente en la ventana sur del salón (W/m²) con la persiana de lamas orientables.

Los siguientes gráficos y tablas valoran el efecto de las protecciones solares en la radiación solar directa incidente según el sistema de protección solar.

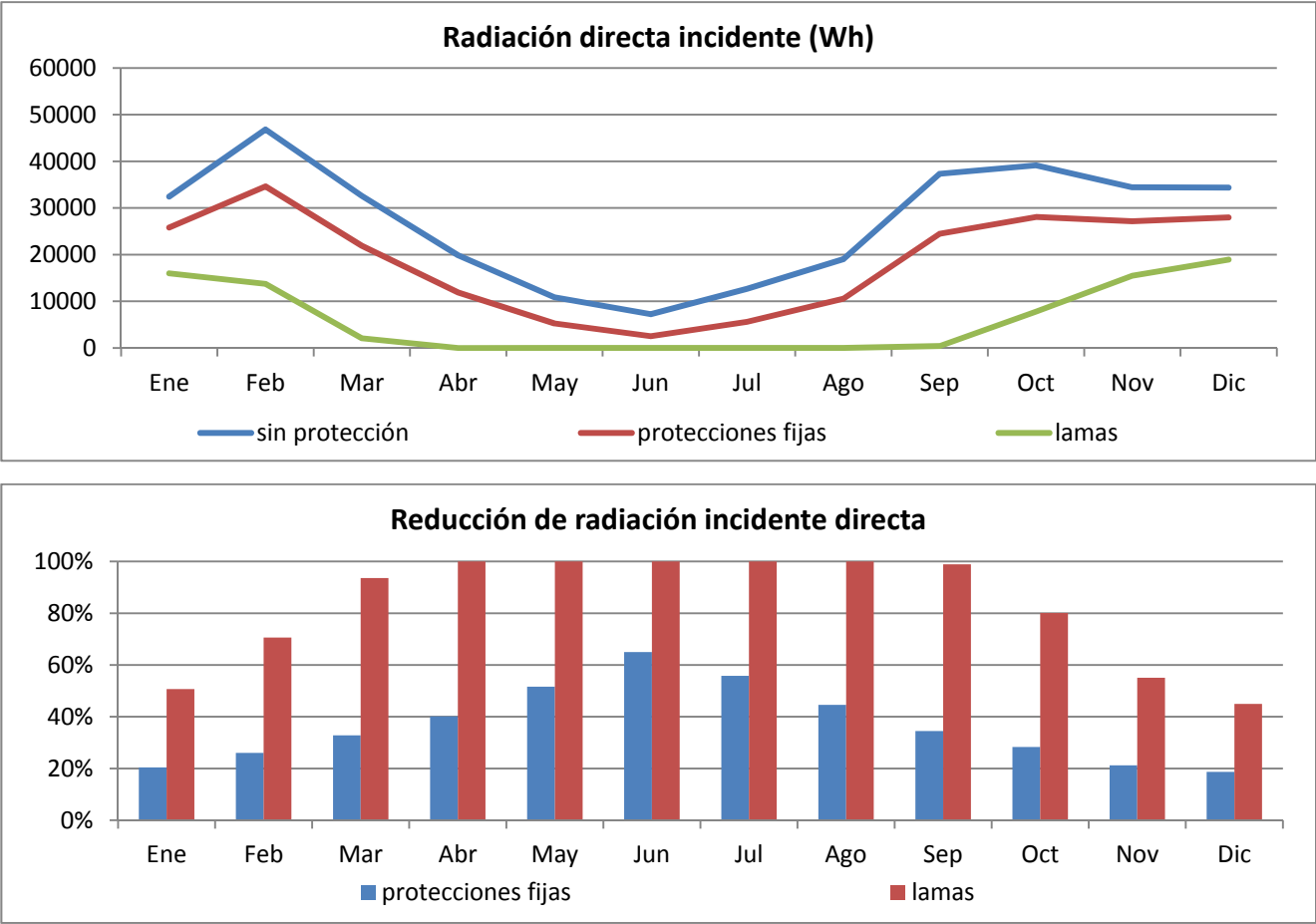


Figura 58. Variación anual y reducción promedio mensual de la radiación solar directa incidente (Wh) según sistema de protección solar en ventana salón.

	Radiación directa incidente (Wh)			Reducción radiación incidente directa	
	sin protección	protecciones fijas	laminas	protecciones fijas	laminas
Ene	32448	25824	16002	20,4%	50,7%
Feb	46820	34641	13752	26,0%	70,6%
Mar	32618	21924	2093	32,8%	93,6%
Abr	19865	11889	0	40,2%	100,0%
May	10861	5258	0	51,6%	100,0%
Jun	7228	2529	0	65,0%	100,0%
Jul	12683	5607	0	55,8%	100,0%
Ago	19052	10563	0	44,6%	100,0%
Sep	37329	24461	410	34,5%	98,9%
Oct	39129	28059	7795	28,3%	80,1%
Nov	34435	27127	15482	21,2%	55,0%
Dic	34365	27951	18926	18,7%	44,9%

Figura 59. Variación anual y reducción promedio mensual de la radiación solar directa incidente (Wh) según sistema de protección solar en ventana salón.

Hora	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	0	0	0	0	13	18	15	0	0	0	0	0
8	0	0	0	23	34	36	31	26	14	0	0	0
9	0	0	26	41	53	50	41	40	32	22	0	0
10	16	24	46	58	69	65	54	54	47	42	26	17
11	30	35	60	73	81	74	60	67	54	56	36	28
12	38	43	70	76	97	82	74	79	61	58	45	36
13	42	46	78	81	99	84	80	82	64	66	49	41
14	45	48	79	80	100	82	77	81	65	66	49	39
15	36	46	73	74	90	79	75	77	60	58	42	33
16	31	43	58	66	75	69	66	62	51	45	32	25
17	16	31	45	53	60	60	54	55	40	27	16	11
18	0	15	27	39	45	47	42	40	27	11	0	0
19	0	0	8	18	28	32	29	23	8	0	0	0
20	0	0	0	0	10	15	14	5	0	0	0	0
21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Figura 60. Variación horaria anual de la radiación solar difusa incidente en la ventana sur del salón (W/m²) sin protecciones solares.

Hora	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	0	0	0	0	11	15	12	0	0	0	0	0
8	0	0	0	18	27	29	25	21	11	0	0	0
9	0	0	21	34	43	40	33	33	26	18	0	0
10	13	21	37	47	56	53	44	44	38	34	21	13
11	25	29	49	59	66	60	49	55	44	46	29	23
12	32	35	57	62	78	67	60	64	49	47	37	29
13	34	38	63	66	81	68	66	67	53	54	40	33
14	36	39	64	64	81	66	63	65	53	53	40	32
15	30	38	59	60	73	65	61	62	49	47	34	27
16	24	35	47	53	61	56	54	51	41	36	27	20
17	13	25	37	43	49	49	44	44	32	21	13	9
18	0	12	22	31	37	39	34	32	21	9	0	0
19	0	0	6	14	22	26	24	18	6	0	0	0
20	0	0	0	0	8	13	11	4	0	0	0	0
21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Figura 61. Variación horaria anual de la radiación solar difusa incidente en la ventana sur del salón (W/m²) con las protecciones solares fijas horizontales.

Hora	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	0	0	0	0	7	10	8	0	0	0	0	0
8	0	0	0	12	18	20	17	14	7	0	0	0
9	0	0	14	22	29	27	22	22	17	12	0	0
10	8	13	25	32	38	35	29	30	25	23	14	9
11	17	19	33	40	44	40	33	37	30	30	19	15
12	21	23	38	41	52	45	40	43	33	31	24	19
13	23	26	42	44	54	46	44	45	35	36	26	23
14	25	26	43	43	54	45	42	44	35	36	27	21
15	20	25	39	40	49	43	41	42	32	32	23	18
16	17	24	31	36	41	38	36	34	27	24	18	14
17	9	17	24	29	33	33	29	30	22	15	8	6
18	0	9	15	21	24	26	23	21	15	6	0	0
19	0	0	5	10	15	18	16	12	4	0	0	0
20	0	0	0	0	5	8	8	3	0	0	0	0
21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Figura 62. Variación horaria anual de la radiación solar difusa incidente en la ventana sur del salón (W/m²) con la persiana de lamas orientables.

Los siguientes gráficos y tablas valoran el efecto de las protecciones solares en la radiación solar difusa incidente según el sistema de protección solar.

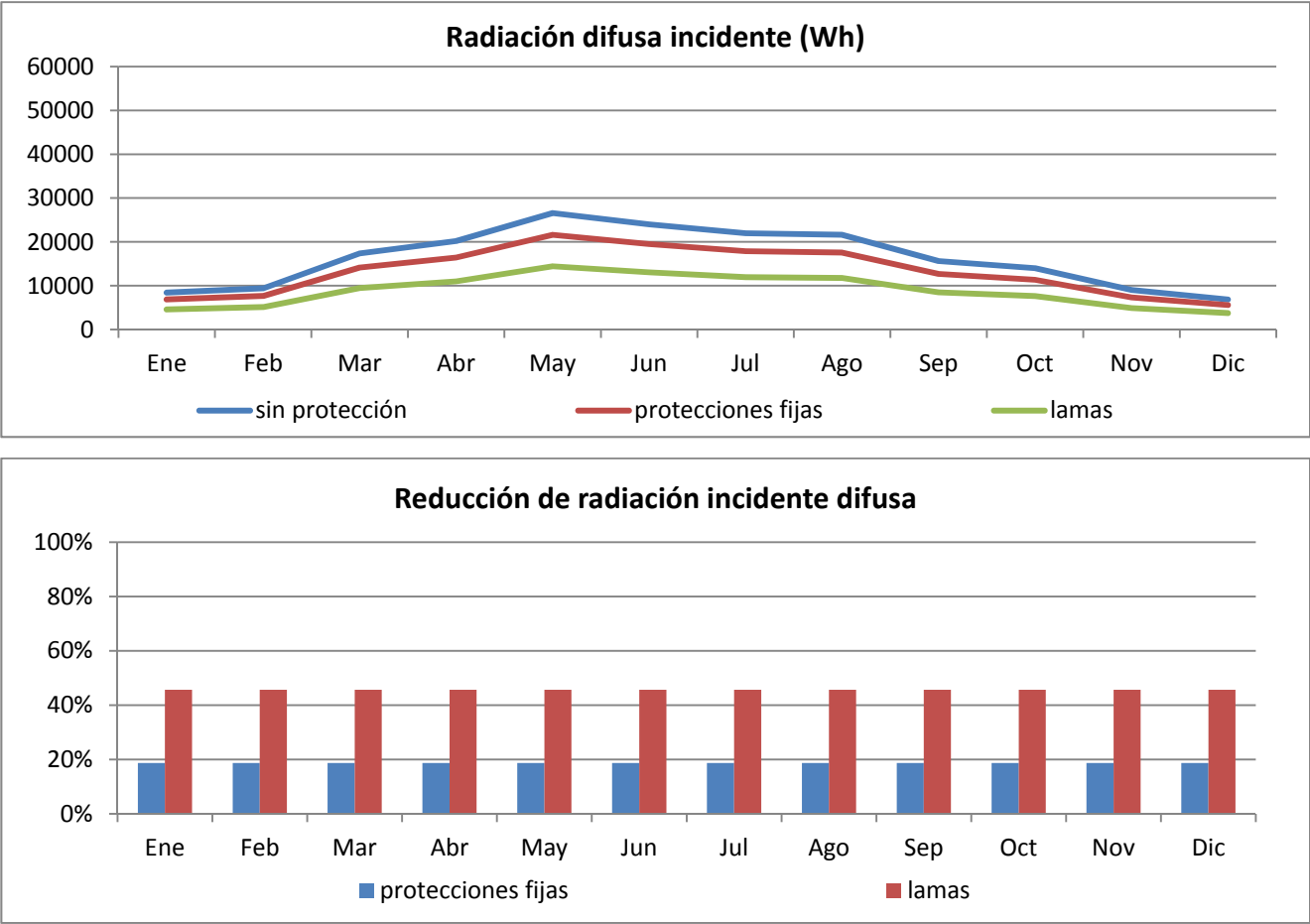


Figura 63. Variación anual y reducción promedio mensual de la radiación solar difusa incidente (Wh) según sistema de protección solar en ventana salón.

	Radiación difusa incidente (Wh)			Reducción radiación incidente difusa	
	sin protección	protecciones fijas	laminas	protecciones fijas	laminas
Ene	8402	6829	4566	18,7%	45,7%
Feb	9396	7637	5106	18,7%	45,7%
Mar	17374	14121	9441	18,7%	45,7%
Abr	20190	16410	10971	18,7%	45,7%
May	26559	21587	14432	18,7%	45,7%
Jun	24012	19517	13048	18,7%	45,7%
Jul	21973	17859	11940	18,7%	45,7%
Ago	21584	17543	11728	18,7%	45,7%
Sep	15627	12701	8491	18,7%	45,7%
Oct	13971	11356	7592	18,7%	45,7%
Nov	9006	7320	4894	18,7%	45,7%
Dic	6851	5569	3722	18,7%	45,7%

Figura 64. Variación anual y reducción promedio mensual de la radiación solar difusa incidente (Wh) según sistema de protección solar en ventana salón.

2.3 Iluminación natural

El cálculo de los niveles de iluminación natural permite valorar la disposición actual de las ventanas o aperturas, posibilitando determinar una mejor distribución para obtener un mejor confort lumínico y un ahorro energético en iluminación.

2.3.1 Cálculo de iluminación natural

Para entender el análisis del **nivel de iluminación o iluminancia** (cantidad de luz que recibe una superficie, medida en lux), se deben tener en cuenta ciertos aspectos:

- Los cálculos, siempre situándonos en el caso más desfavorable, se realizan para un día nublado -cielo de diseño cubierto o nublado, según estándar CIE (Comisión Internacional de la Iluminación)-.
- Los niveles de iluminancia obtenidos se han determinado para un plano horizontal a 0,8 metros del suelo, correspondiente con el plano de trabajo habitual.
- Se han supuesto revestimientos interiores con colores de una tonalidad muy clara.
- Los resultados obtenidos representan el nivel mínimo de iluminación natural, que se superará en un 85% del tiempo entre las 9h y las 17h a lo largo de todo el año.

A su vez, se analiza otro parámetro de iluminación natural muy relevante, el **factor de iluminación natural (FIN)**, o Daylight Factor (DF). En relación a este parámetro, que indica la relación entre el nivel de iluminación de un punto interior de un local respecto al nivel de iluminación difusa horizontal al exterior del espacio, conviene saber también algunos aspectos:

- En general, se recomienda alcanzar valores de factor de iluminación natural de $FIN=3-5\%$ para usos generales. Para usos secundarios es conveniente no descender de $FIN>1\%$, mientras que tampoco suele ser conveniente superar el $FIN>9\%$ (problemas de exceso de iluminación y grandes ganancias o pérdidas de calor debido a una excesiva superficie de los huecos).
- Se estudian una serie de **índices de uniformidad** de la iluminación:
 - o FIN_{min}/FIN_{medio} es un **índice de falta de iluminación** en la zona más oscura del local, que no debiera ser inferior a 1/3.
 - o FIN_{max}/FIN_{medio} es un **índice de exceso de brillo** en la zona más iluminada, que no debiera ser superior a 3.
 - o FIN_{max}/FIN_{min} es un **índice de riesgo de deslumbramiento** que mide el contraste total entre las zonas con mayor y menor nivel de iluminación, que no debiera ser superior a 10.

Es necesario indicar que los valores de Iluminancia no se encuentran regulados para viviendas (la NORMA UNE-EN 12464-1:2003, norma que regula los niveles de iluminación óptimos para cada uso de los espacios, no hace referencia a tal uso), por lo que los valores que en este análisis manejamos son meras recomendaciones.

Concretamente, la siguiente figura indica el nivel de iluminación y el FIN recomendado por el Manual de Diseño ICARO (Iluminación, Calor, Aire, Ruido y Objetivos + opiniones complementarias), Manual Digital de Calidad Ambiental en la Edificación (<http://editorial.dca.ulpgc.es/ftp/icaro/Inicio.htm>)

Actividad característica	Factor de Iluminación Natural FIN (%)	Alumbrado artificial (lux) [día] y noche
Muy detallada	>8	>900
Cocinar	6 - 8	600
Aseo	5 - 7	[500] - 250
Leer	4 - 6	400
Comer	3 - 4	300
Estancia / TV	2 - 3	200
Descanso / Dormir	1.5 - 2.0	150
Circulación interior	1.0 - 1.5	[100] - 50
Tránsito dentro-fuera	10 - 20	[500] - 50

Figura 65. Manual de Diseño ICARO. Valores orientativos para el cálculo de iluminación natural.

2.3.1.1 Salón

Las siguientes tablas y gráficos muestran los valores del cálculo del nivel de iluminación del salón, según el sistema de protección solar:

Intervalos	Niveles de iluminación (lux)		
	sin protecciones	protecciones horizontales	lamas
	(%)	(%)	(%)
0-50	0,2	0,41	2,03
50-100	31,1	50	63,82
100-150	25,61	24,39	21,34
150-200	14,43	7,11	6,71
200-250	6,91	4,07	3,86
250-300	4,27	2,64	2,24
300-350	2,64	1,42	0
350-400	2,44	2,03	0
400-450	2,24	0,81	0
450-500	1,02	0,81	0
500-550	1,42	1,63	0
550-600	1,02	0,41	0
600-650	1,02	0,2	0
650-700	0,61	0,61	0
700-750	1,02	1,42	0
750-800	0,81	0	0
800-850	0,2	0,41	0
850-900	1,22	0,2	0
900-950	0,2	0,61	0
950-1000	0,41	0,81	0

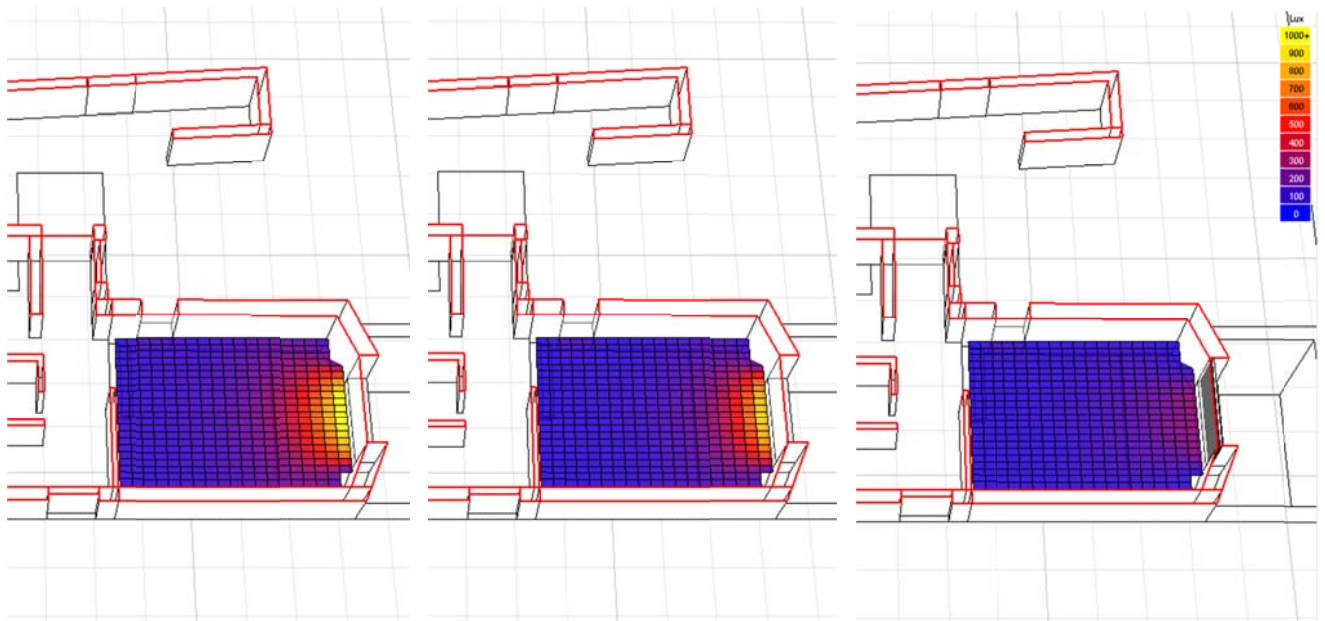


Figura 66a. Niveles de iluminación o iluminancia del salón, según sistema de protección solar.

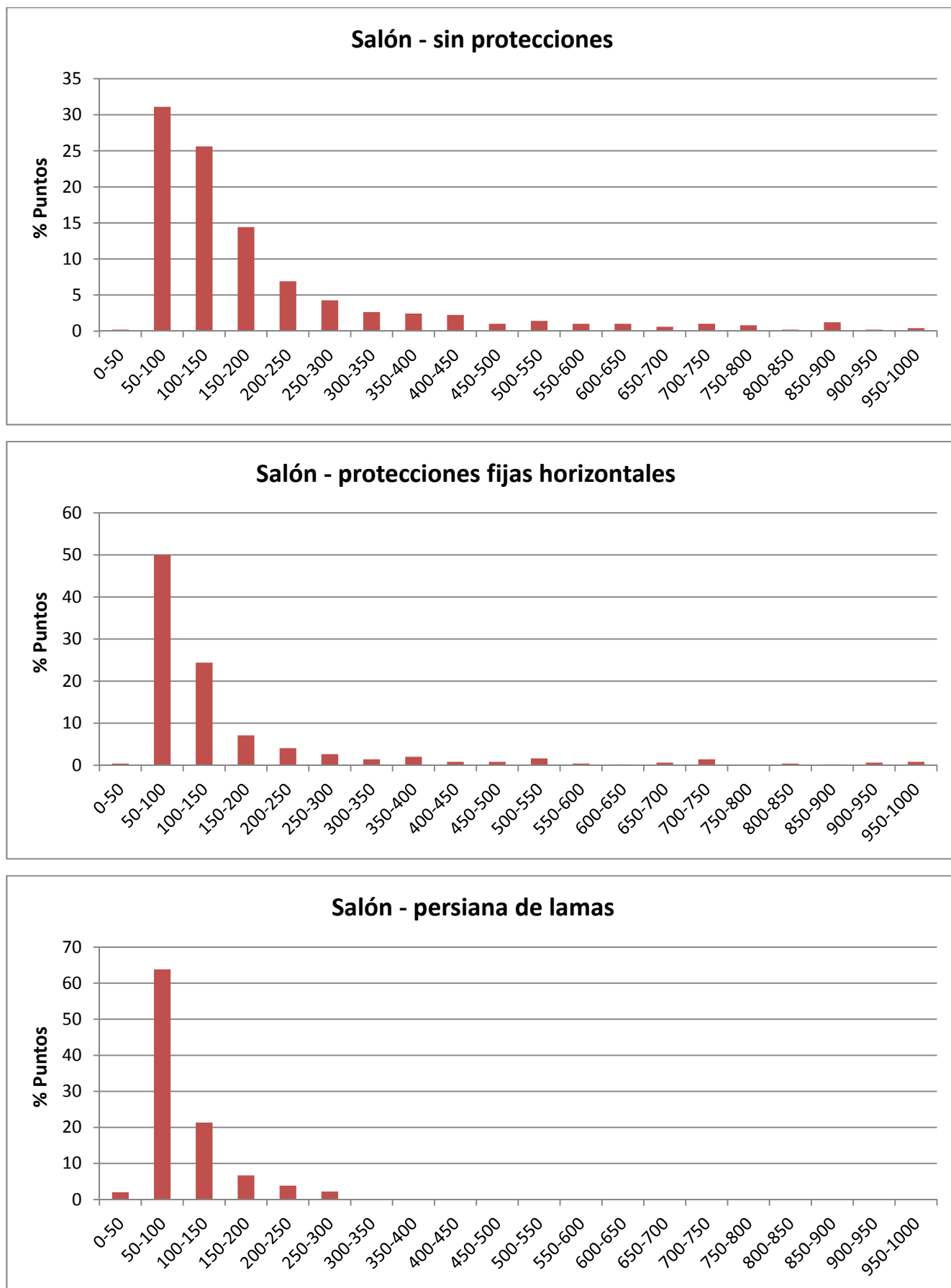


Figura 66b. Niveles de iluminación o iluminancia del salón, según sistema de protección solar.

valor mínimo	40 lux	40 lux	35 lux
valor medio	210,25 lux	162,67 lux	100,78 lux
valor máximo	1090 lux	980 lux	235 lux
valor recomendado	200 lux	200 lux	200 lux
% > 200 Lux	28,66	18,09	6,1

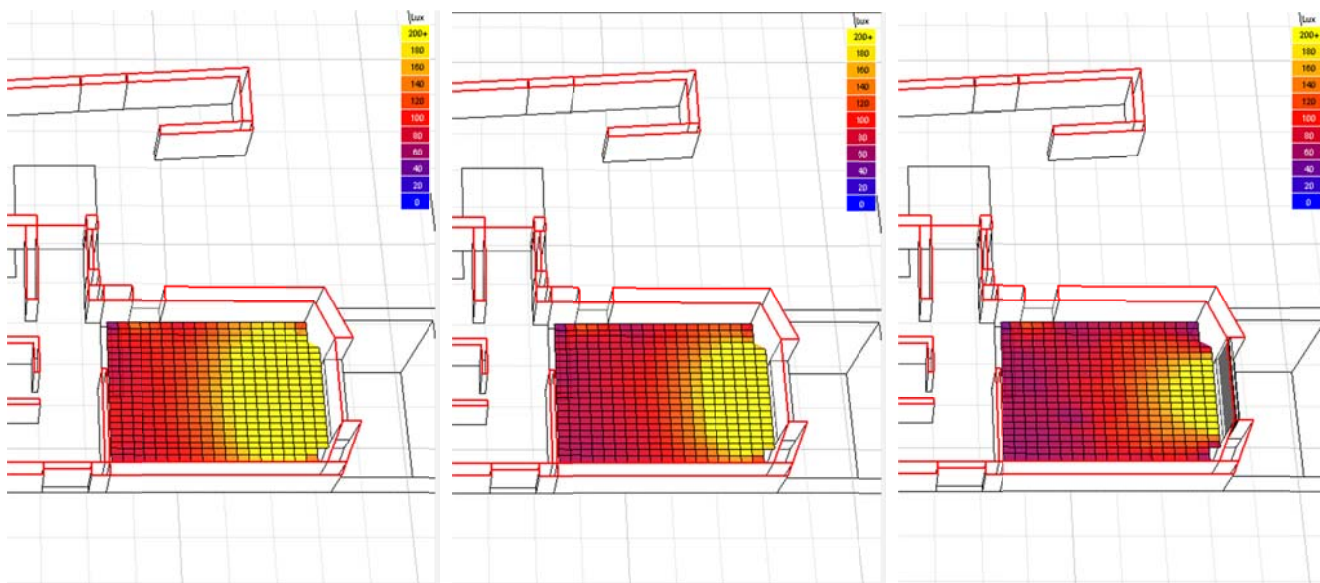


Figura 67. Niveles de iluminación o iluminancia del salón superiores o cercanos (en amarillo) al valor recomendado (200 lux), según sistema de protección solar.

La siguiente tabla muestra los valores del cálculo del Factor de Iluminación Natural (FIN) y de los índices de uniformidad del salón, según el sistema de protección solar:

Factor de Iluminación Natural (FIN) (%)				
	sin protecciones	protecciones horizontales	lamas	
	(%)	(%)	(%)	
valor mínimo	1,45%	1,35%	1,25%	
valor medio	4,38%	3,55%	2,50%	
valor máximo	19,05%	17,55%	5,75%	

Índices de uniformidad				
Falta de iluminación:				OK
FIN_{min} / FIN_{medio} =	0,33	0,38	0,50	> 1/3
Exceso de brillo en la zona más iluminada:				OK
FIN_{max} / FIN_{medio} =	4,35	4,94	2,30	< 3
Riesgo de deslumbramiento:				OK
FIN_{max} / FIN_{min} =	13,14	13,00	4,60	< 10

Figura 68. Valores del Factor de Iluminación Natural (FIN) y de los índices de uniformidad del salón, según sistema de protección solar.

Se aprecia que únicamente se alcanzan los índices de uniformidad adecuados, valores representativos de un óptimo confort visual, con el segundo sistema de protecciones solares –la persiana de lamas orientables–.

Sin embargo, y debido a la forma del espacio y a la ubicación de los huecos, el porcentaje de superficie que alcanza los niveles de iluminación recomendados (200 lux) es muy reducido, por lo que se recomienda reconsiderar las dimensiones del hueco orientado al este (al patio), así como la instalación de un acabado interior blanco o muy claro –teniendo en cuenta este mismo criterio para la elección del mobiliario–.

2.3.1.2 Cocina

Las siguientes tablas y gráficos muestran los valores del cálculo del nivel de iluminación de la cocina:

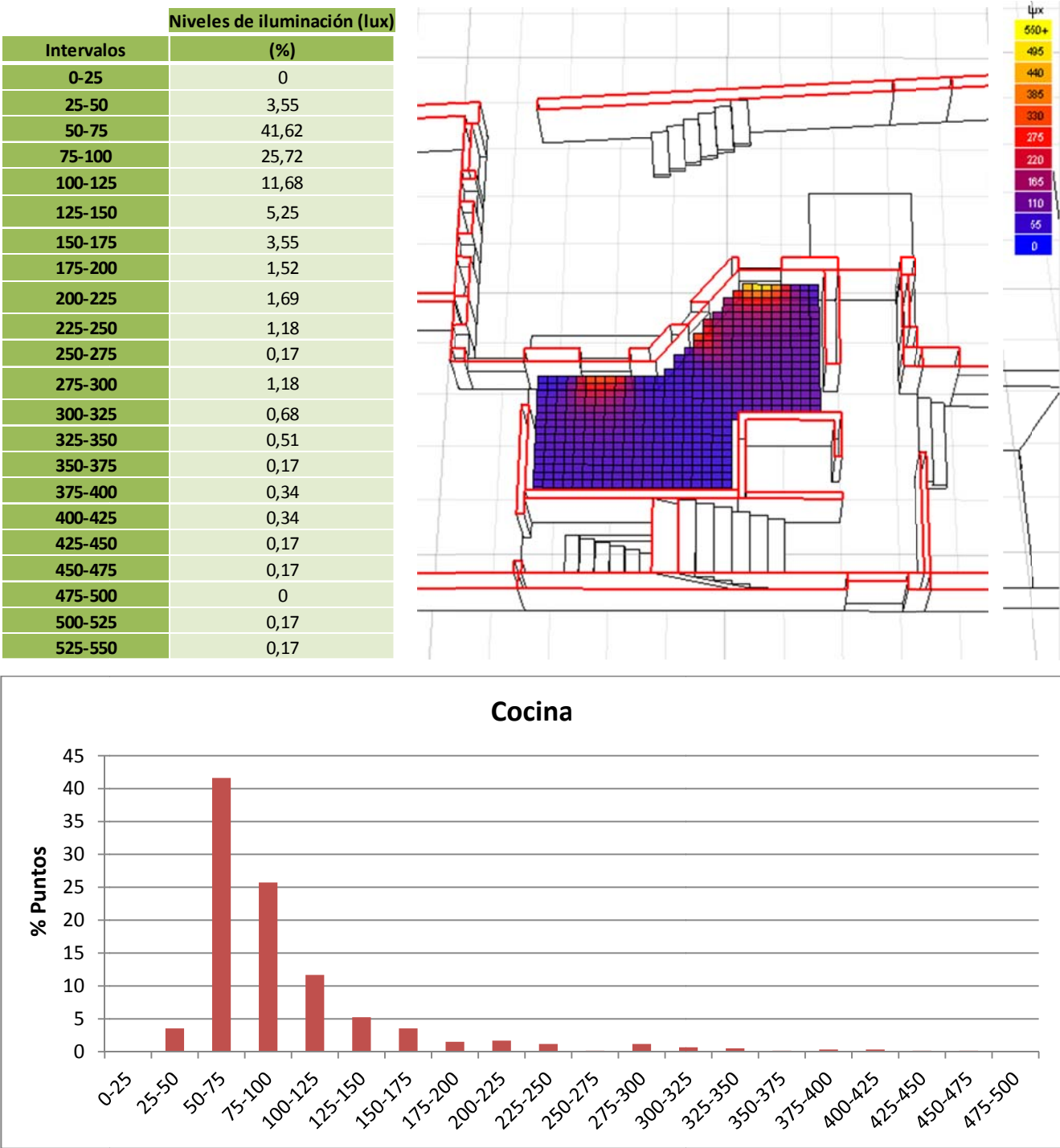


Figura 69. Niveles de iluminación o iluminancia de la cocina.



Figura 70. Niveles de iluminación o iluminancia de la cocina superiores o cercanos (en amarillo) al valor recomendado para la zona comedor (300 lux).

La siguiente tabla muestra los valores del cálculo del Factor de Iluminación Natural (FIN) y de los índices de uniformidad de la cocina:

Factor de Iluminación Natural (FIN)		
	(%)	
valor mínimo	0,55%	
valor medio	1,48%	
valor máximo	5,15%	

Índices de uniformidad		
Falta de iluminación:		OK
$FIN_{min} / FIN_{medio} =$	0,37	> 1/3
Exceso de brillo en la zona más iluminada:		OK
$FIN_{max} / FIN_{medio} =$	3,48	< 3
Riesgo de deslumbramiento:		OK
$FIN_{max} / FIN_{min} =$	9,36	< 10

Figura 71. Valores del Factor de Iluminación Natural (FIN) y de los índices de uniformidad de la cocina.

El análisis muestra cómo los índices de uniformidad rozan, o no alcanzan, los valores adecuados para un óptimo confort visual. A su vez, el porcentaje de superficie que alcanza los niveles de iluminación recomendados (600 lux para uso cocina y 300 lux para uso comedor) es extremadamente reducido. Por ello, se recomienda reconsiderar las dimensiones de las ventanas, así como prestar especial cuidado con la elección de los colores de los acabados interiores.

Hay que remarcar que cualquier medida orientada a favorecer un aumento de radiación solar del patio (ver conclusiones del apartado 2.1) repercutirá positivamente en los parámetros aquí analizados, así como en todos los espacios de planta baja que se iluminan a través del patio.

2.3.1.3 Dormitorio principal

Las siguientes tablas y gráficos muestran los valores del cálculo del nivel de iluminación del dormitorio principal:

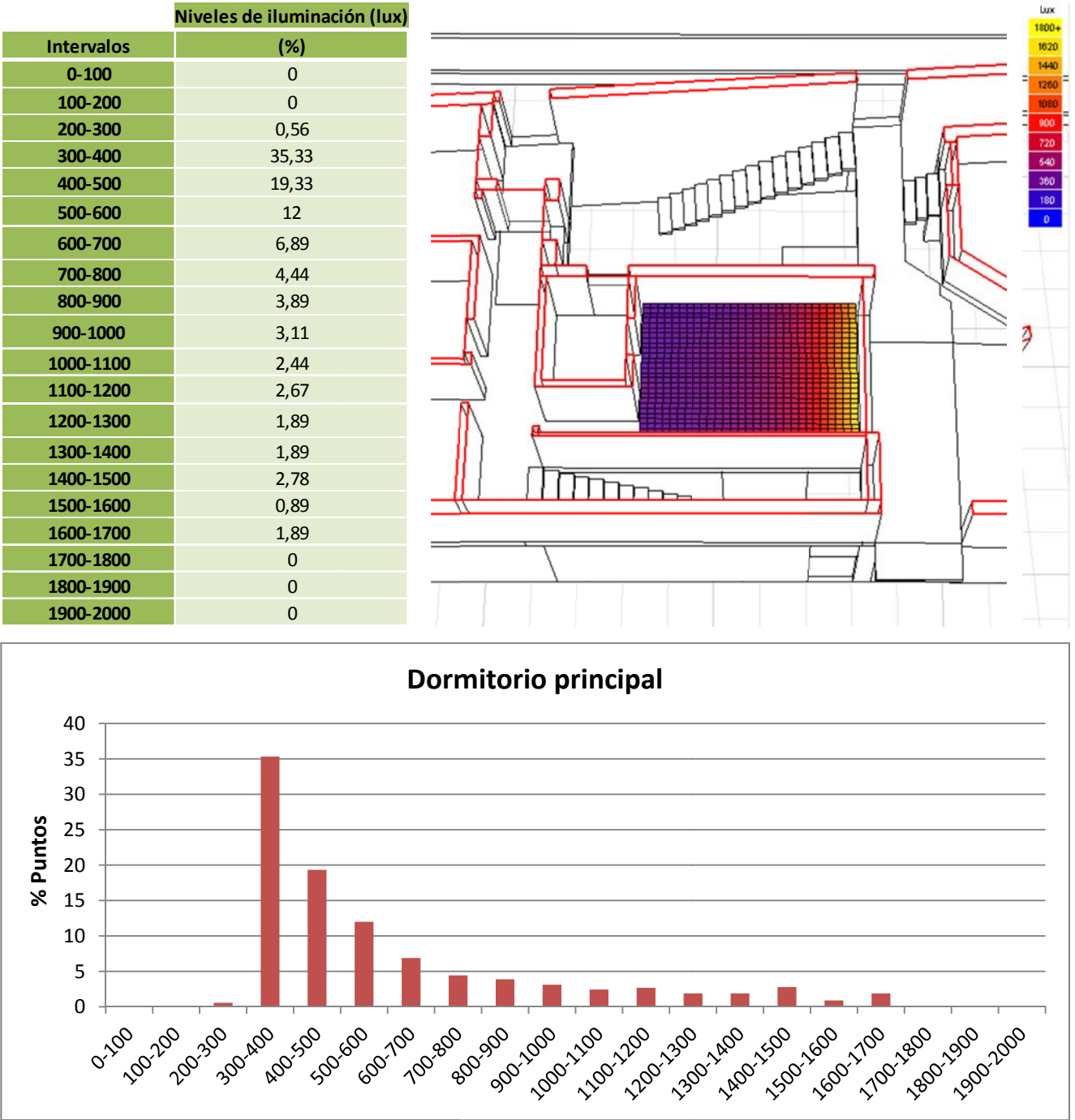


Figura 72. Niveles de iluminación o iluminancia del dormitorio principal.

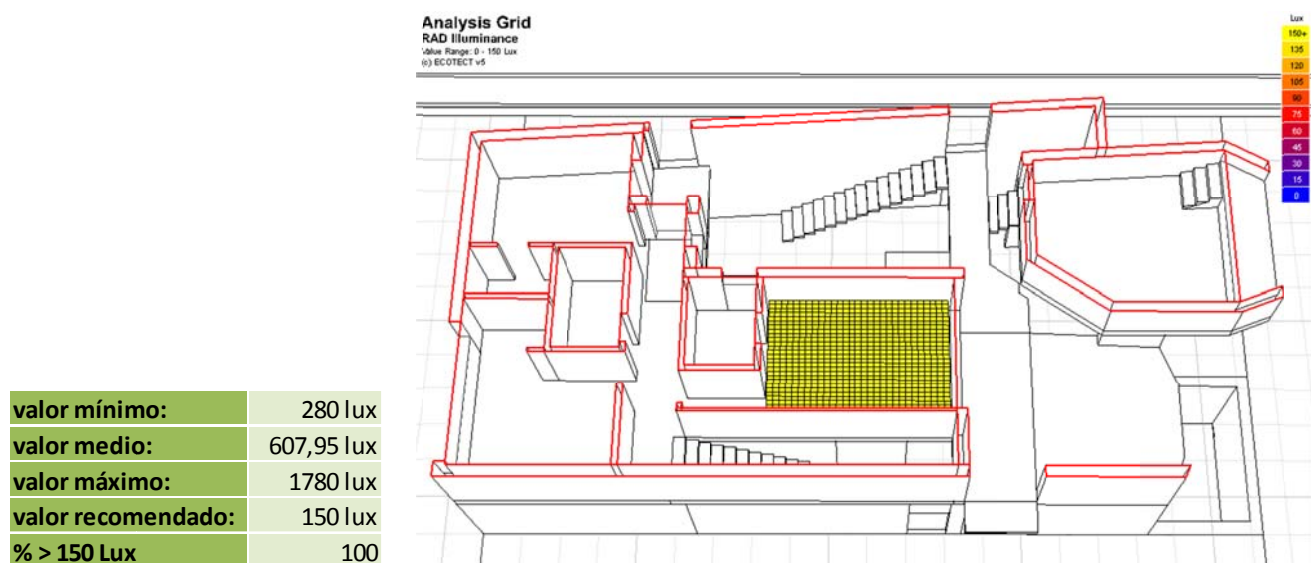


Figura 73. Niveles de iluminación o iluminancia del dormitorio principal superiores o cercanos (en amarillo) al valor recomendado (150 lux).

La siguiente tabla muestra los valores del cálculo del Factor de Iluminación Natural (FIN) y de los índices de uniformidad del dormitorio principal:

Factor de Iluminación Natural (FIN)		
	(%)	
valor mínimo	3,65%	
valor medio	8,05%	
valor máximo	22,15%	

Indices de uniformidad		
Falta de iluminación:		OK
$FIN_{min} / FIN_{medio} =$	0,45	> 1/3
Exceso de brillo en la zona más iluminada:		OK
$FIN_{max} / FIN_{medio} =$	2,75	< 3
Riesgo de deslumbramiento:		OK
$FIN_{max} / FIN_{min} =$	6,07	< 10

Figura 74. Valores del Factor de Iluminación Natural (FIN) y de los índices de uniformidad del dormitorio principal.

Los cálculos indican en todos los casos parámetros de iluminación natural óptimos.

2.3.1.4 Dormitorio 2

Las siguientes tablas y gráficos muestran los valores del cálculo del nivel de iluminación del dormitorio 2:

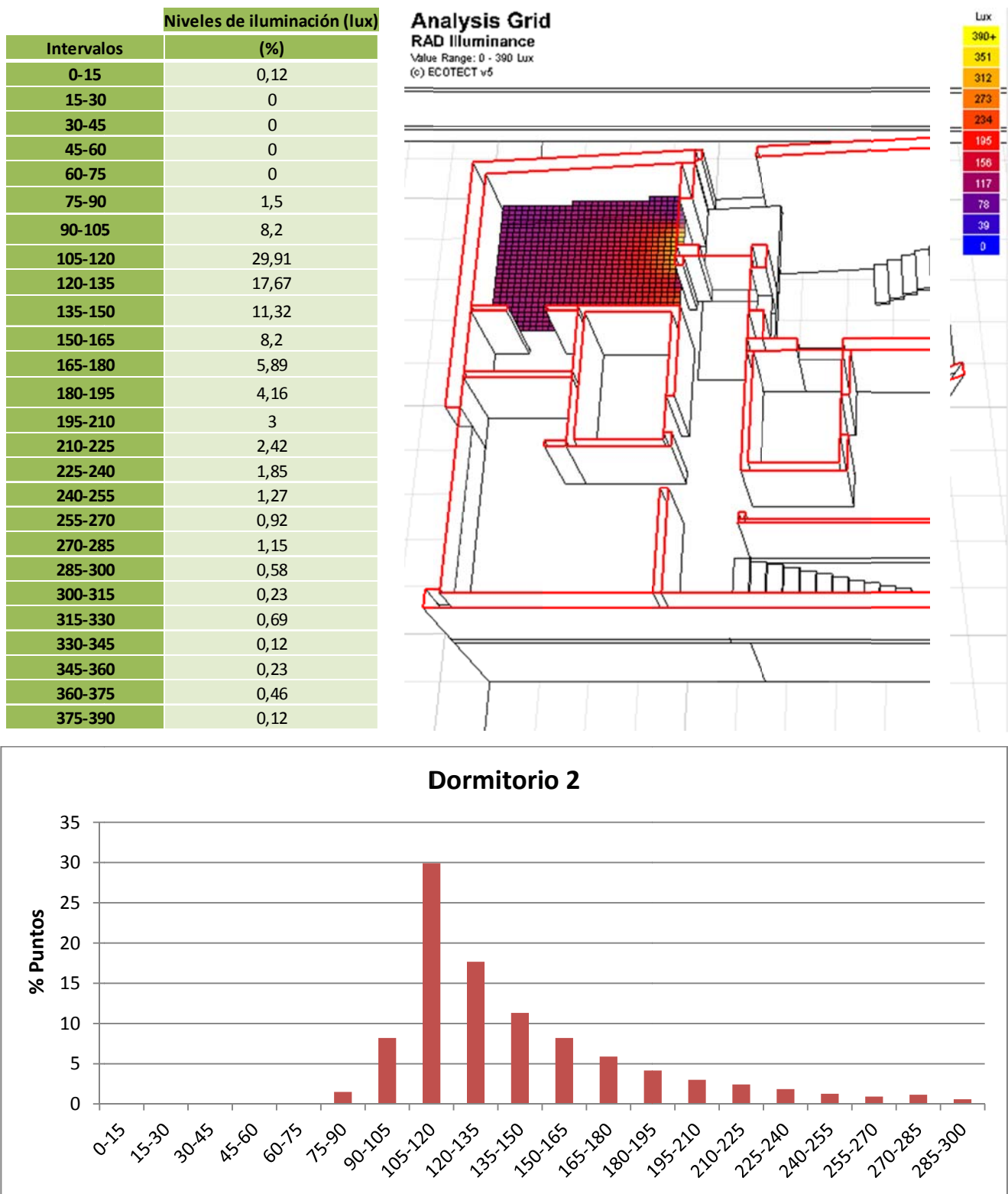


Figura 75. Niveles de iluminación o iluminancia del dormitorio 2.

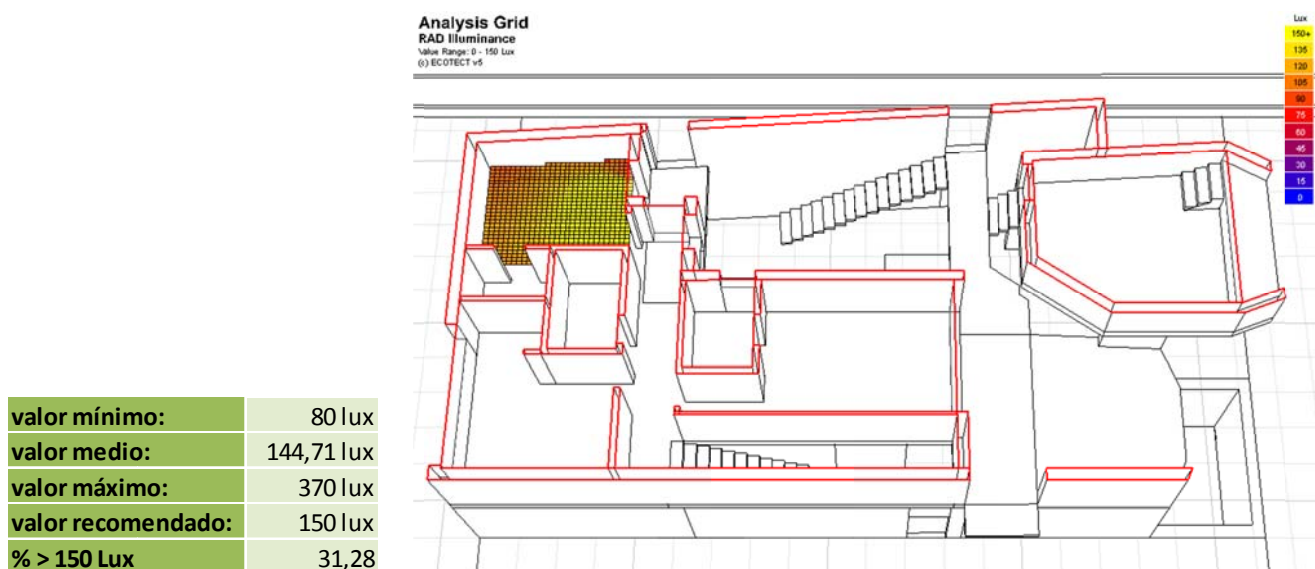


Figura 76. Niveles de iluminación o iluminancia del dormitorio 2 superiores o cercanos (en amarillo) al valor recomendado (150 lux).

La siguiente tabla muestra los valores del cálculo del Factor de Iluminación Natural (FIN) y de los índices de uniformidad del dormitorio 2:

Factor de Iluminación Natural (FIN)		
(%)		
valor mínimo	1,05%	
valor medio	1,91%	
valor máximo	5,15%	

Índices de uniformidad		
Falta de iluminación:		OK
$FIN_{min} / FIN_{medio} =$	0,55	> 1/3
Exceso de brillo en la zona más iluminada:		OK
$FIN_{max} / FIN_{medio} =$	2,70	< 3
Riesgo de deslumbramiento:		OK
$FIN_{max} / FIN_{min} =$	4,90	< 10

Figura 77. Valores del Factor de Iluminación Natural (FIN) y de los índices de uniformidad del dormitorio 2.

Los parámetros de iluminación natural no sugieren tomar ninguna medida excepcional.

2.3.1.5 Dormitorio-estudio

Las siguientes tablas y gráficos muestran los valores del cálculo del nivel de iluminación del dormitorio-estudio:

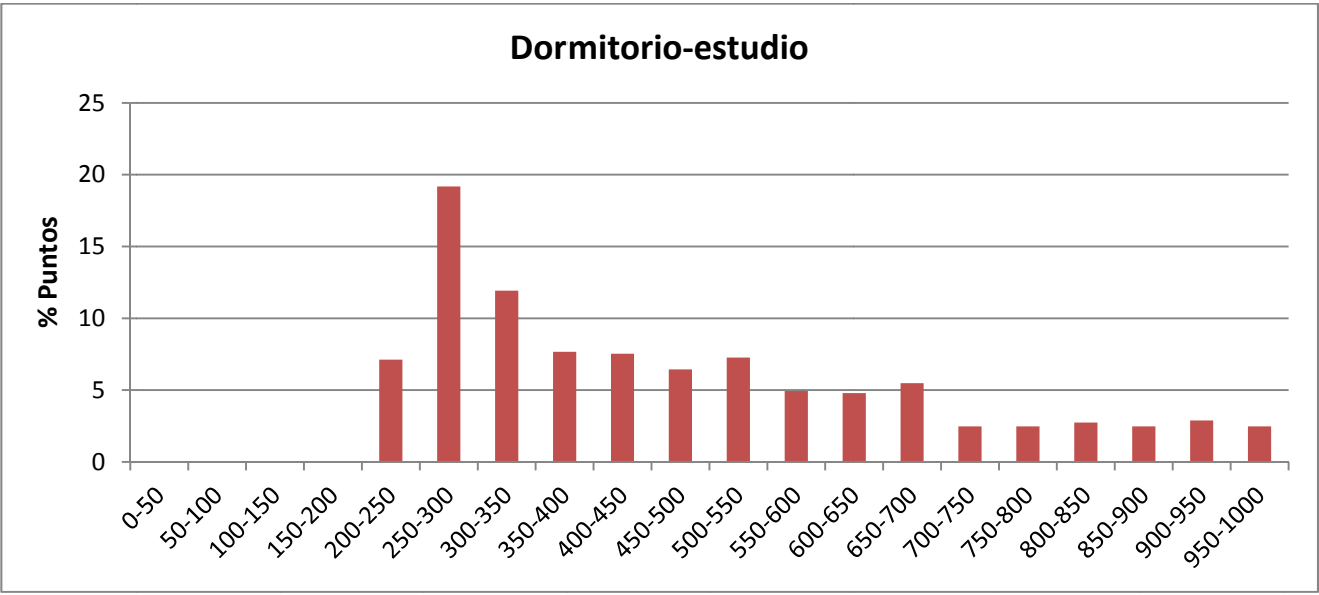
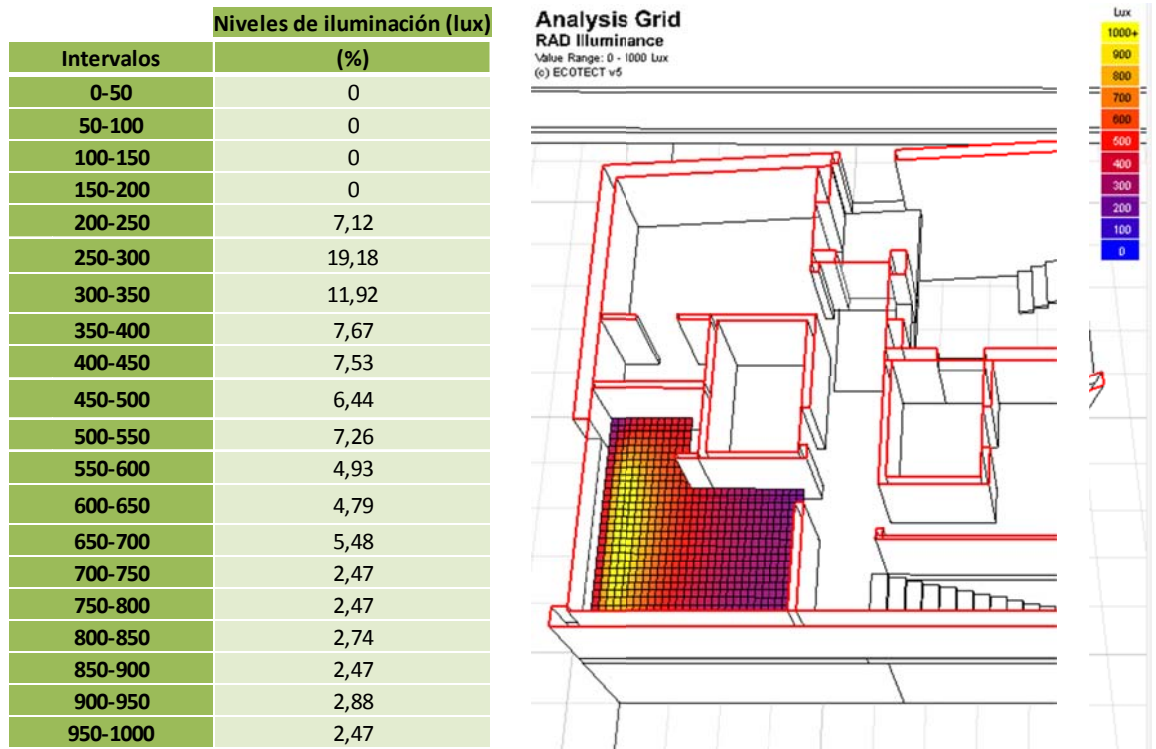


Figura 78. Niveles de iluminación o iluminancia del dormitorio-estudio.

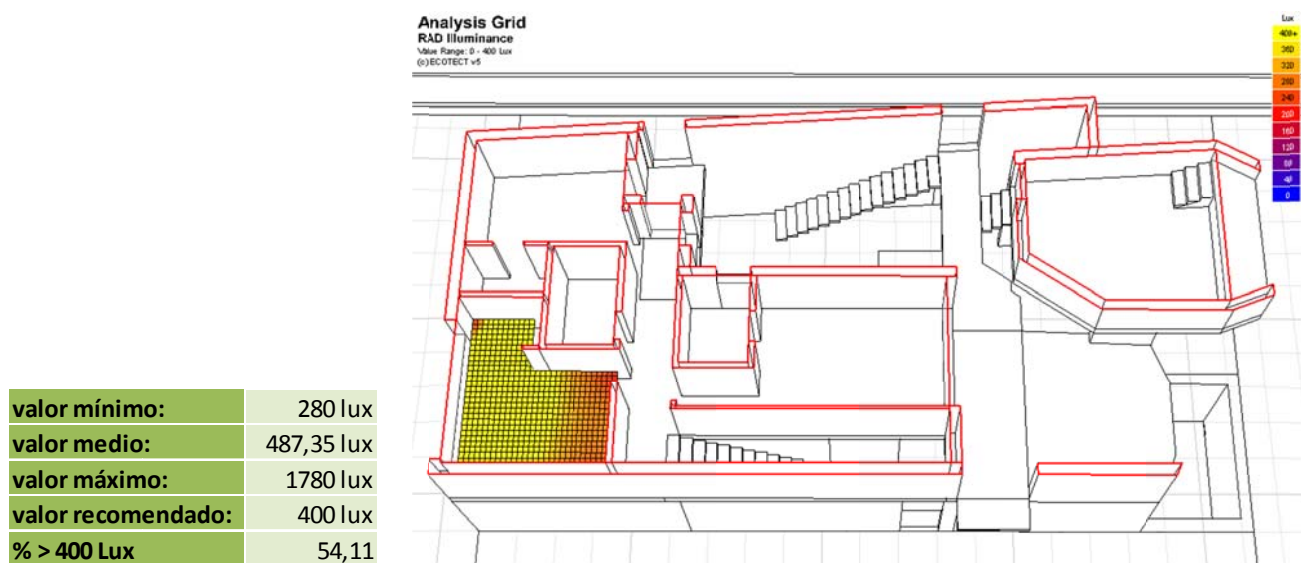


Figura 79. Niveles de iluminación o iluminancia del dormitorio-estudio superiores o cercanos (en amarillo) al valor recomendado (400 lux).

La siguiente tabla muestra los valores del cálculo del Factor de Iluminación Natural (FIN) y de los índices de uniformidad del dormitorio-estudio:

Factor de Iluminación Natural (FIN)		
	(%)	
valor mínimo	3,05%	
valor medio	6,67%	
valor máximo	13,75%	

Índices de uniformidad		
Falta de iluminación:		OK
$FIN_{min} / FIN_{medio} =$	0,46	> 1/3
Exceso de brillo en la zona más iluminada:		OK
$FIN_{max} / FIN_{medio} =$	2,06	< 3
Riesgo de deslumbramiento:		OK
$FIN_{max} / FIN_{min} =$	4,51	< 10

Figura 80. Valores del Factor de Iluminación Natural (FIN) y de los índices de uniformidad del dormitorio-estudio.

De forma similar a los otros dormitorios, los parámetros de iluminación natural son adecuados.

2.3.1.6 Estudio

Las siguientes tablas y gráficos muestran los valores del cálculo del nivel de iluminación del estudio:

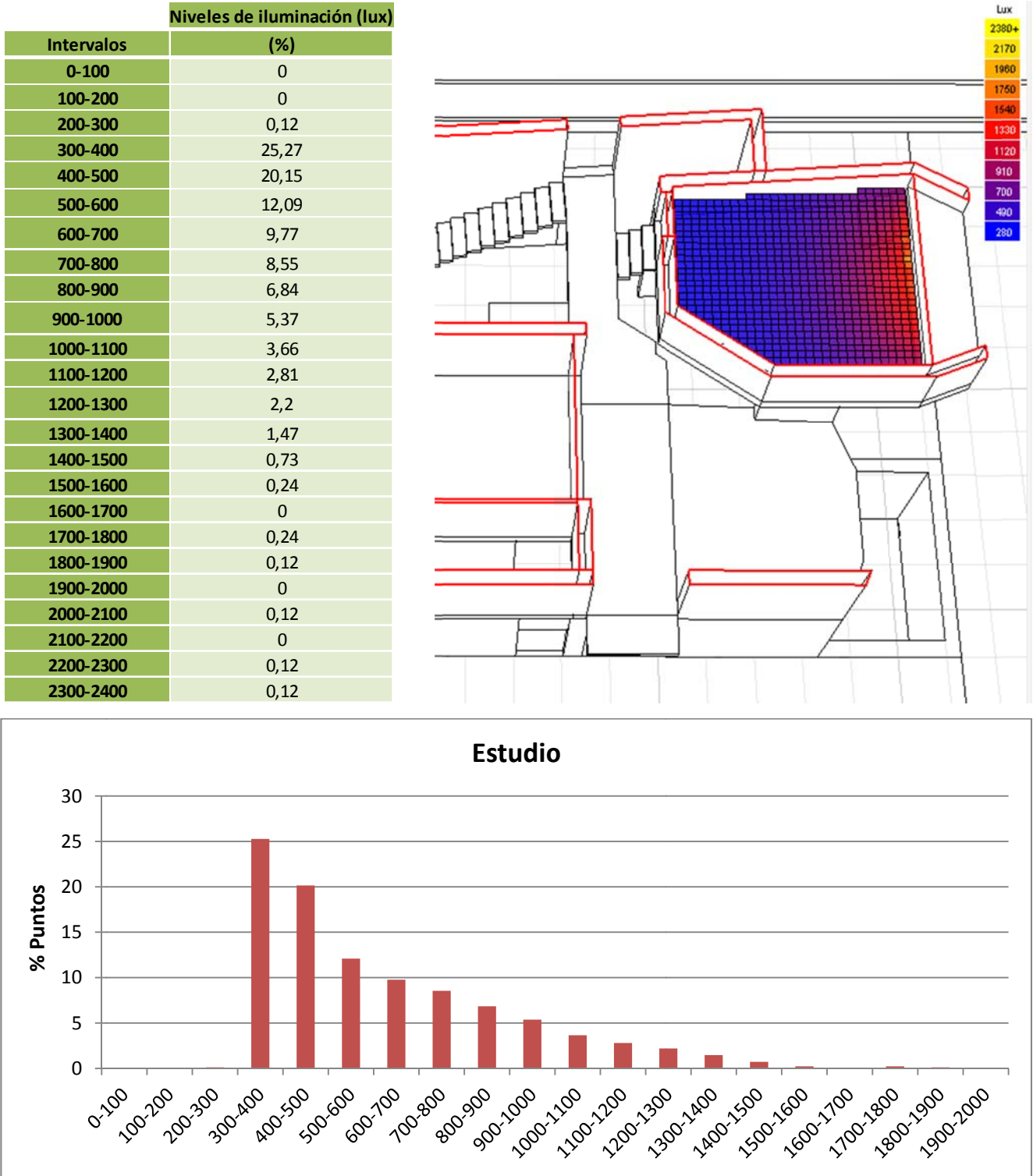


Figura 81. Niveles de iluminación o iluminancia del estudio.

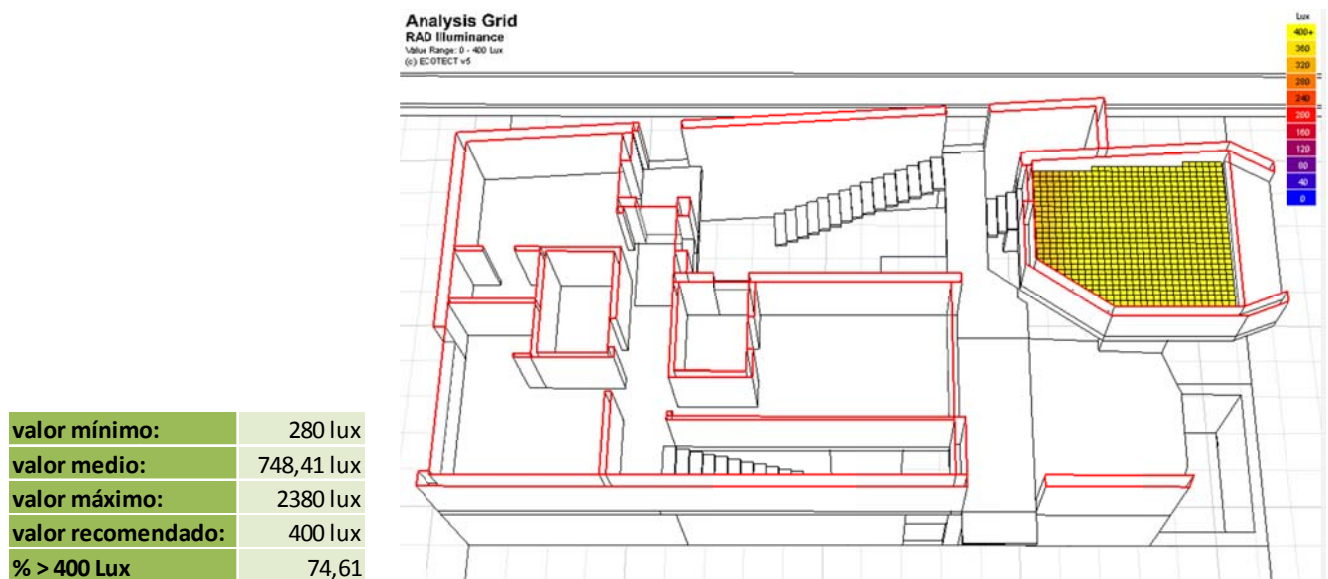


Figura 82. Niveles de iluminación o iluminancia del estudio superiores o cercanos (en amarillo) al valor recomendado (400 lux).

La siguiente tabla muestra los valores del cálculo del Factor de Iluminación Natural (FIN) y de los índices de uniformidad del estudio:

Factor de Iluminación Natural (FIN)		
	(%)	
valor mínimo	4,15%	
valor medio	8,48%	
valor máximo	19,65%	

Índices de uniformidad		
Falta de iluminación:		OK
$FIN_{min} / FIN_{medio} =$	0,49	> 1/3
Exceso de brillo en la zona más iluminada:		OK
$FIN_{max} / FIN_{medio} =$	2,32	< 3
Riesgo de deslumbramiento:		OK
$FIN_{max} / FIN_{min} =$	4,73	< 10

Figura 83. Valores del Factor de Iluminación Natural (FIN) y de los índices de uniformidad del estudio.

El estudio también muestra un comportamiento adecuado en cuanto a la iluminación natural.

2.3.2 Parámetros lumínicos dinámicos

Las circunstancias especiales del salón sugieren un estudio en mayor profundidad de cómo afectan las propuestas de protecciones solares a las condiciones de iluminación interior de dicho espacio.

Por ellos se realiza un análisis de algunos parámetros lumínicos que tienen en consideración la variación de las condiciones exteriores, lo que se conoce como simulación dinámica.

Los parámetros analizados, así como los principales aspectos que de ellos hay que conocer, son los siguientes:

- Daylight Autonomy (DA): porcentaje de tiempo con ocupación en el que se supera el valor de iluminancia estipulado.
- Continuous Daylight Autonomy (DA_{con}): este parámetro también toma en consideración los periodos de tiempo en que se está por debajo del valor de iluminancia mínimo, ponderando dicho aporte de iluminación natural. Este aspecto lo hace especialmente interesante si se dispone de mecanismos de regulación de intensidad y de detectores de iluminación.
- Useful Daylight Illuminances (UDI): porcentaje de tiempo en el que se tendrán unos niveles de iluminación “útiles”, considerándose como valores adecuados unos niveles de iluminación comprendidos entre 100 y 2000 lux.
- Maximum Daylight Autonomy (DA_{max}): porcentaje de tiempo con ocupación en los que se tendrán unos niveles de iluminación altos que pueden provocar deslumbramiento (ver los índices de uniformidad en el apartado 2.3.1).

2.3.2.1 Daylight Autonomy (DA)

Las siguientes tablas y gráficos muestran los porcentajes de tiempo con ocupación en los que se superan el valor de iluminancia recomendada (200 lux), así como el porcentaje de puntos que superan el 70% de autonomía lumínica, según el sistema de protección solar:

Intervalos	Daylight Autonomy (DA) (%)		
	sin protecciones	protecciones horizontales	lamas
0-5	0	0	0
5-10	0	0	0
10-15	0	0	0
15-20	0	0	0
20-25	0	0	0
25-30	0	0	0
30-35	0	0	0
35-40	0	0	0
40-45	0	0	0
45-50	0,16	0	0
50-55	0,16	0	0
55-60	0,49	0	0
60-65	0,16	0	0
65-70	8,14	0,33	0,65
70-75	28,01	0,33	1,79
75-80	21,66	22,96	29,8
80-85	22,96	43,65	47,39
85-90	17,75	28,01	19,87
90-95	0	4,23	0
95-100	0	0	0

	% puntos > 70% DA
sin protecciones	90,89
protecciones horizontales	99,67
lamas	99,35

Figura 84a. Valores de autonomía lumínica o Daylight Autonomy (DA), para un nivel de iluminación de 200 lux, y del porcentaje de puntos que superan el 70% de autonomía lumínica, según sistema de protección solar.

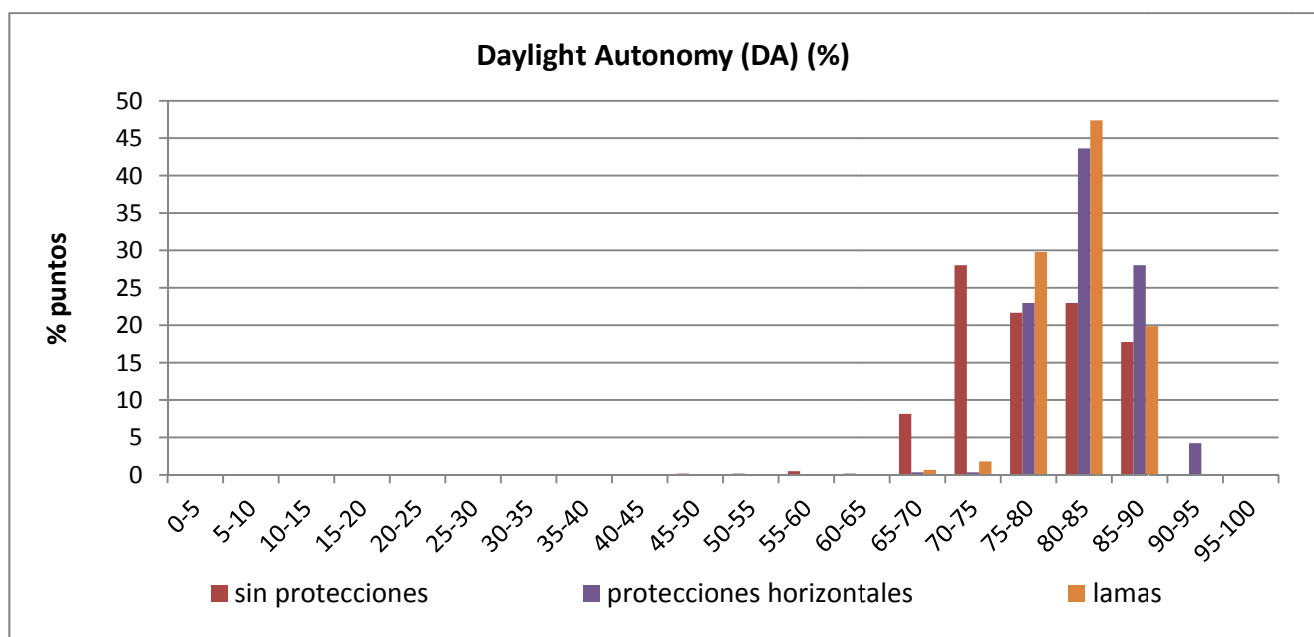
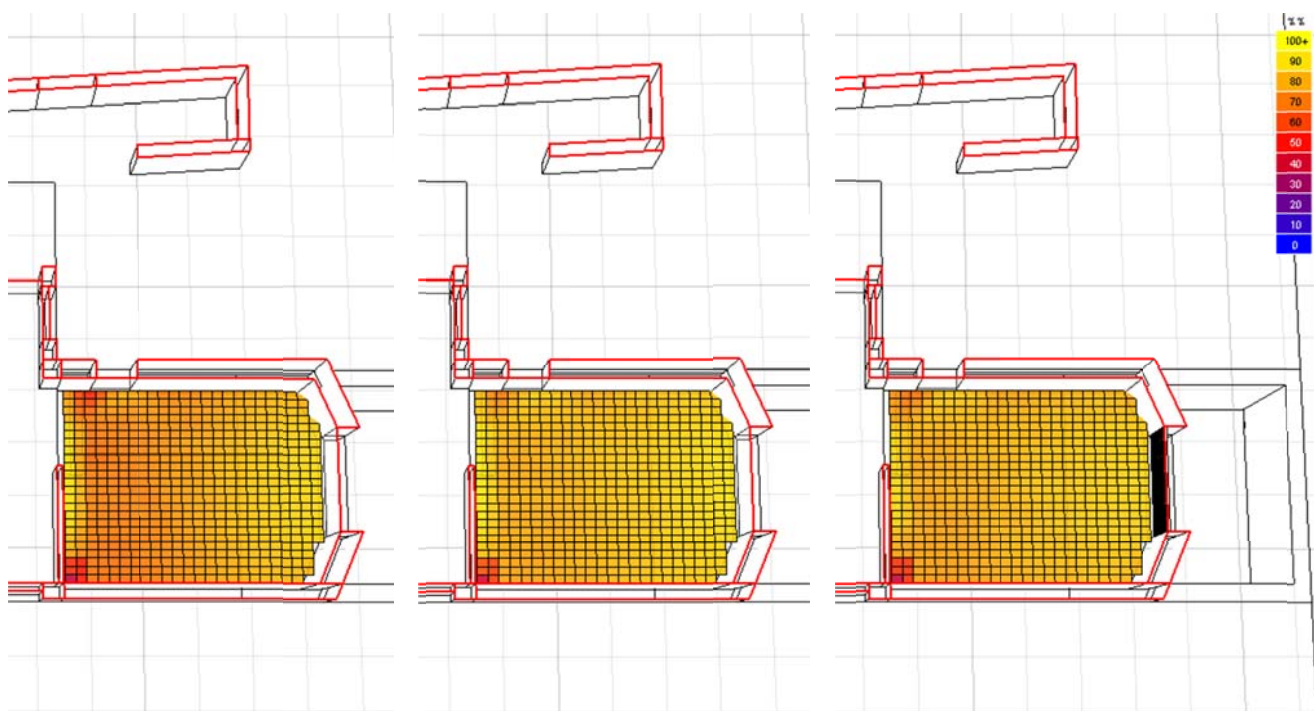


Figura 84b. Valores de autonomía lumínica o Daylight Autonomy (DA), para un nivel de iluminación de 200 lux, según sistema de protección solar.

2.3.2.2 Continuous Daylight Autonomy (DA_{con})

Las siguientes tablas y gráficos muestran los porcentajes de tiempo con ocupación en los que se superan el valor de iluminancia recomendada (200 lux), ponderando los periodos de tiempo en que se está por debajo de dicho valor, según el sistema de protección solar:

Intervalos	Continuous Daylight Autonomy (DA _{con}) (%)				
	sin protecciones	protecciones horizontales	lamas		
0-5	0	0	0		
5-10	0	0	0		
10-15	0	0	0		
15-20	0	0	0		
20-25	0	0	0		
25-30	0	0	0		
30-35	0	0	0		
35-40	0	0	0		
40-45	0	0	0		
45-50	0	0	0		
50-55	0	0	0		
55-60	0	0	0		
60-65	0	0	0		
65-70	0	0	0		
70-75	0,49	0	0		
75-80	1,14	0,16	0,16		
80-85	46,42	5,37	15,15		
85-90	44,95	81,43	83,71		
90-95	6,51	12,54	0,49		
95-100	0	0	0		

	% puntos > 70% DA _{con}
sin protecciones	100
protecciones horizontales	100
lamas	100

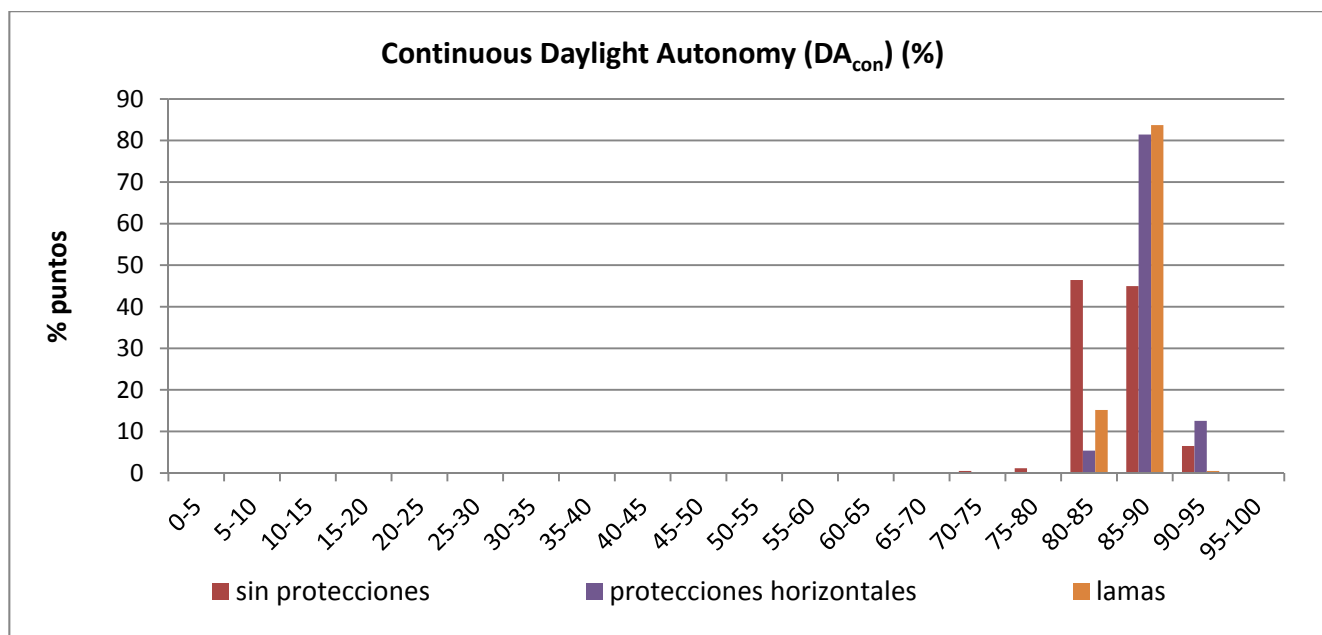


Figura 85. Valores de autonomía lumínica continua o Continuous Daylight Autonomy (DA_{con}), para un nivel de iluminación de 200 lux, y del porcentaje de puntos que superan el 70% de autonomía lumínica continua, según sistema de protección solar.

2.3.2.3 Useful Daylight Illuminances (UDI)

Las siguientes tablas y gráficos muestran los porcentajes de tiempo en que se tendrán unos niveles de iluminación entre 100 y 2000 lux, según el sistema de protección solar:

Intervalos	Niveles de iluminación adecuados (100-2000 lux) (%)		
	sin protecciones	protecciones horizontales	laminas
0-5	0	0	0
5-10	0	0	0
10-15	0	1,3	0
15-20	0	1,79	0
20-25	0	1,95	0
25-30	0,98	2,12	0
30-35	1,63	1,47	0
35-40	1,14	1,47	0,81
40-45	0,98	1,79	2,77
45-50	1,79	2,28	2,12
50-55	1,47	1,95	2,44
55-60	1,63	2,61	2,28
60-65	2,12	2,77	1,79
65-70	2,28	4,23	4,23
70-75	4,72	7,98	6,19
75-80	14,82	13,84	16,94
80-85	65,8	50,65	58,63
85-90	0,16	1,3	1,3
90-95	0	0	0
95-100	0	0	0

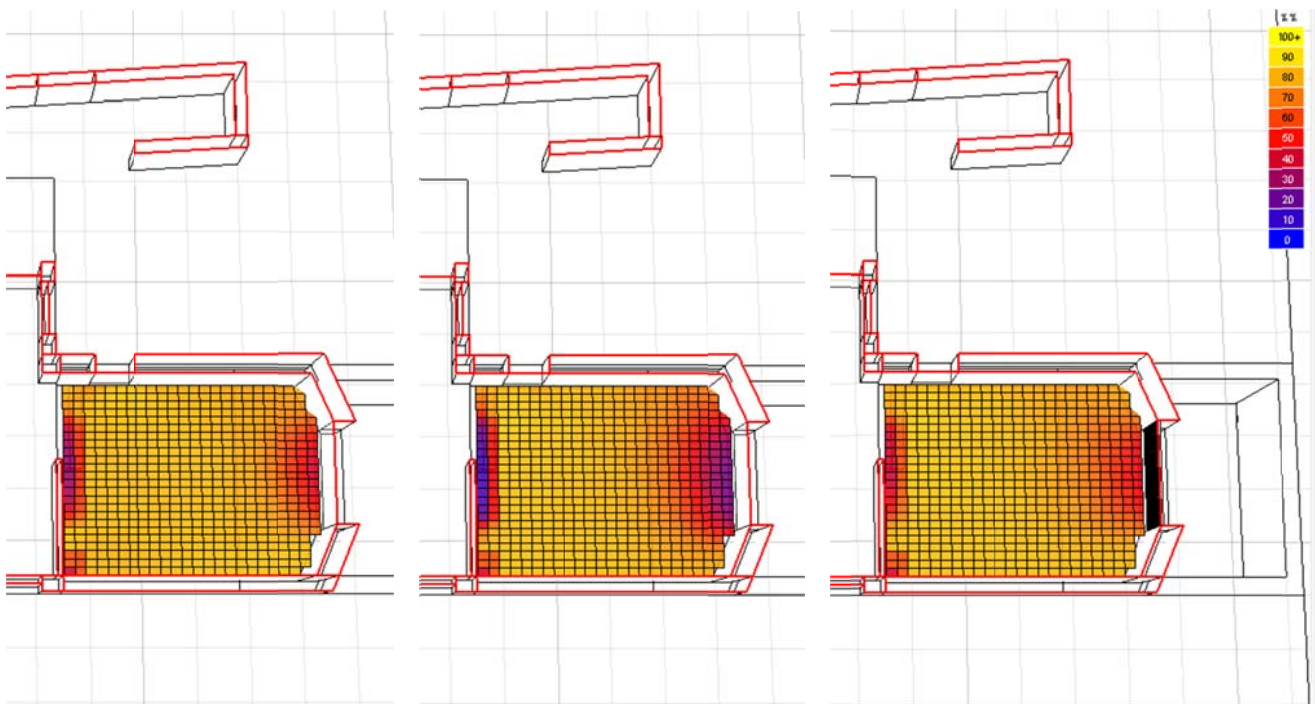


Figura 86a. Porcentajes de tiempo en que se tendrán unos niveles de iluminación entre 100 y 2000 lux, según sistema de protección solar.

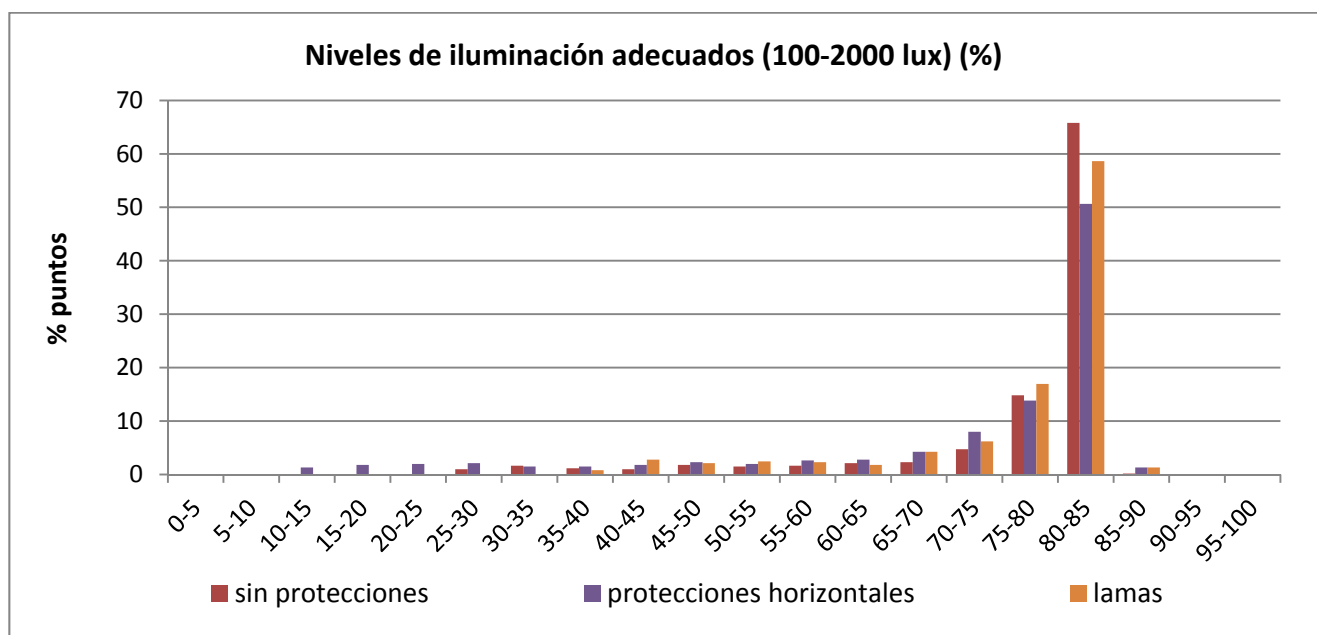


Figura 86b. Porcentajes de tiempo en que se tendrán unos niveles de iluminación entre 100 y 2000 lux, según sistema de protección solar.

2.3.2.4 Maximum Daylight Autonomy (DA_{max})

Las siguientes tablas y gráficos muestran los porcentajes de puntos que presentan riesgo de deslumbramiento, según el sistema de protección solar:

Intervalos	Maximum Daylight Autonomy (DA_{max}) (%)		
	sin protecciones	protecciones horizontales	lamas
0-5	62,38	40,55	51,79
5-10	14,33	19,87	17,59
10-15	6,68	9,28	10,26
15-20	2,77	6,19	5,54
20-25	2,28	3,42	3,26
25-30	1,95	2,12	1,95
30-35	1,47	2,44	1,79
35-40	1,47	1,95	2,28
40-45	1,47	2,12	1,95
45-50	0,98	1,63	2,44
50-55	1,47	1,47	1,14
55-60	1,47	1,47	0
60-65	1,3	1,79	0
65-70	0	1,63	0
70-75	0	1,47	0
75-80	0	2,12	0
80-85	0	0,49	0
85-90	0	0	0
90-95	0	0	0
95-100	0	0	0

Figura 87a. Porcentajes de puntos que presentan riesgo de deslumbramiento, según sistema de protección solar.

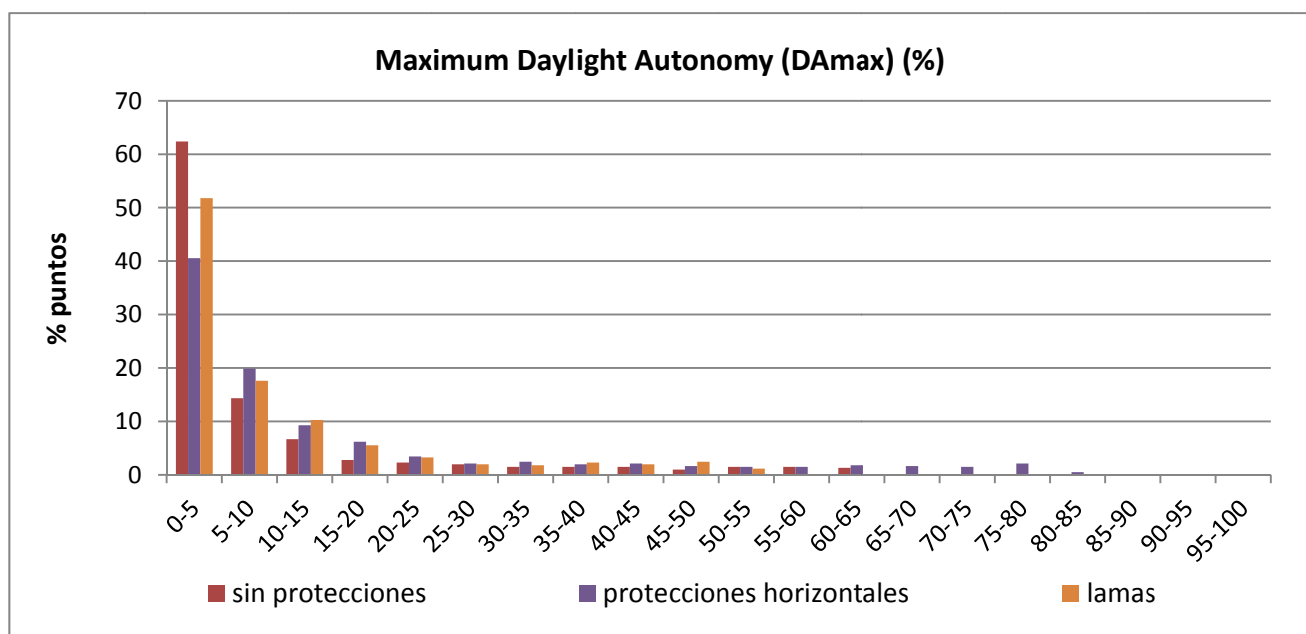
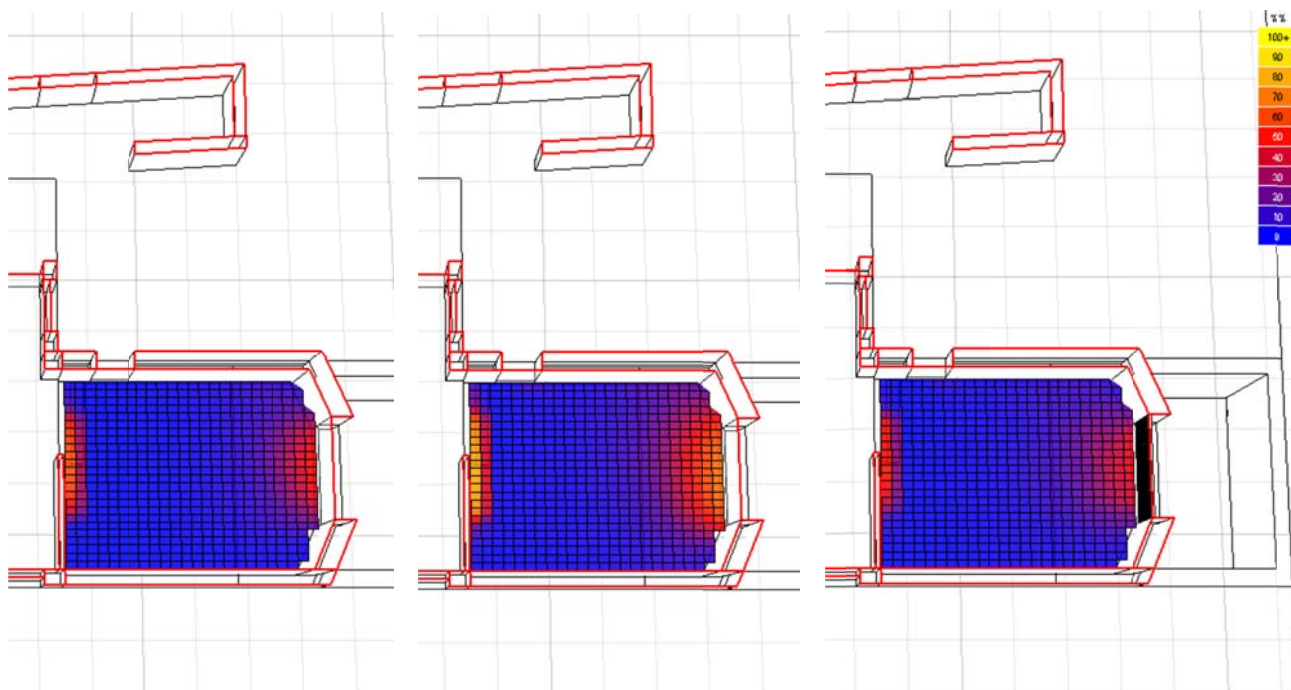


Figura 87b. Porcentajes de puntos que presentan riesgo de deslumbramiento, según sistema de protección solar.

3 Análisis térmico

Una vez analizados los aspectos lumínicos relacionados con el edificio y el impacto que tendrían la implementación de las medidas propuestas, se procede a realizar el análisis térmico del edificio.

En primer lugar, se estudiará el comportamiento del edificio en su estado actual –se ha implementado la segunda propuesta de protecciones solares (persiana exterior de lamas orientables)-, procediendo posteriormente a compararlo con diversas medidas constructivas.

3.1 Parámetros de análisis

Los parámetros iniciales en los que se basa el siguiente análisis son:

- a) Datos climatológicos y ubicación analizados en el primer apartado.
- b) Ocupación de la vivienda en base a un estándar residencial y del estudio en base a una plantilla de oficinas de alta intensidad.
- c) Cerramientos:
 - Fachada exterior de la vivienda, $U = 0,374 \text{ W/m}^2\text{K}$
 - Fachada interior de la vivienda (al patio), $U = 0,427 \text{ W/m}^2\text{K}$
 - Fachada del estudio, $U = 0,365 \text{ W/m}^2\text{K}$
 - Muro en contacto con el terreno, $U = 0,447 \text{ W/m}^2\text{K}$
 - Forjado sobre el terreno, $U = 0,397 \text{ W/m}^2\text{K}$
 - Forjado entre pisos, $U = 1,970 \text{ W/m}^2\text{K}$
 - Forjado exterior (en voladizo) , $U = 0,451 \text{ W/m}^2\text{K}$
 - Cubierta de la vivienda (cubierta plana) , $U = 0,417 \text{ W/m}^2\text{K}$
 - Cubierta del estudio (cubierta inclinada) , $U = 0,407 \text{ W/m}^2\text{K}$
 - Particiones interiores, $U = 1,206 \text{ W/m}^2\text{K}$
- d) Ventanas:
 - Carpintería de aluminio con puente térmico, $U = 4,719 \text{ W/m}^2\text{K}$
 - Vidrio doble 3+13 (aire) +3, $U = 1,960 \text{ W/m}^2\text{K}$
- e) Iluminación en base al estándar residencial del CTE.
- f) Sistema activo de climatización formado por calefacción mediante radiadores de agua caliente y refrigeración puntual mediante unidades terminales de aire acondicionado en el salón, en los dormitorios, en el estudio y en la habitación de invitados.
 - Se utiliza caldera de gas para la producción de calefacción, al igual que el ACS.
 - Los consumos de calefacción y refrigeración se calculan en base a una programación consistente en no descender de una temperatura interior de 20°C y ascender de 26°C respectivamente, siempre que exista ocupación en las zonas a climatizar.
- g) Ventilación natural mediante apertura de ventanas a la temperatura de 21°C , y en base a una programación generada en función del estudio climático.

Los parámetros de mejora analizados son:

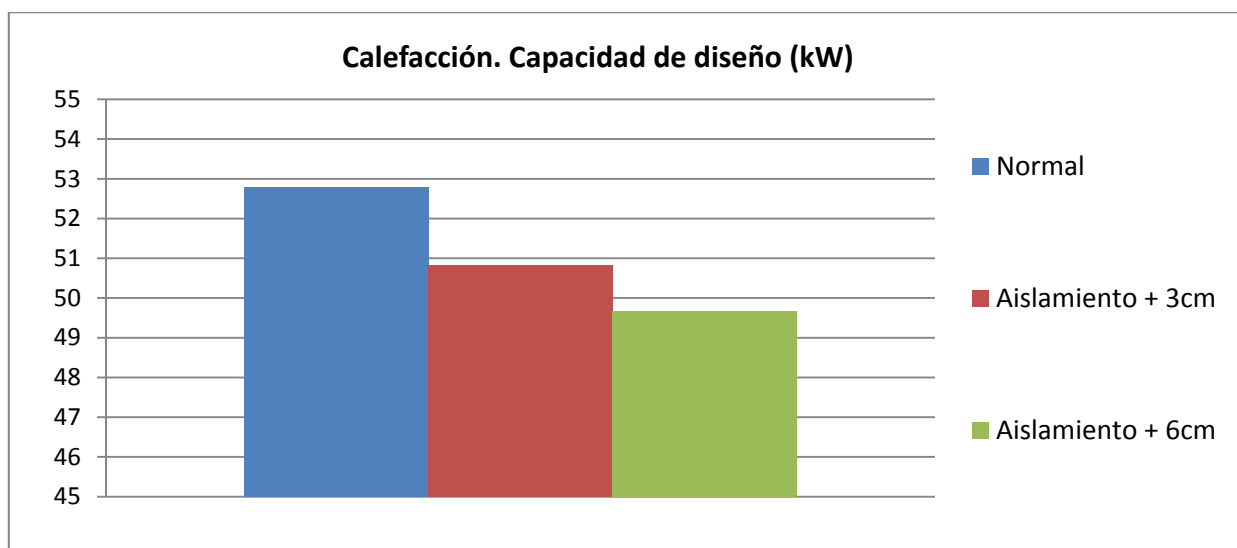
- 1) Aumento del aislamiento en 3cm. en todos los cerramientos, obteniéndose los siguientes valores de transmitancia térmica:
 - Fachada exterior de la vivienda, $U = 0,281 \text{ W/m}^2\text{K}$
 - Fachada interior de la vivienda (al patio), $U = 0,310 \text{ W/m}^2\text{K}$
 - Fachada del estudio, $U = 0,276 \text{ W/m}^2\text{K}$
 - Muro en contacto con el terreno, $U = 0,321 \text{ W/m}^2\text{K}$
 - Forjado sobre el terreno, $U = 0,294 \text{ W/m}^2\text{K}$
 - Forjado entre pisos, $U = 1,970 \text{ W/m}^2\text{K}$
 - Forjado exterior (en voladizo) , $U = 0,322 \text{ W/m}^2\text{K}$
 - Cubierta de la vivienda (cubierta plana) , $U = 0,305 \text{ W/m}^2\text{K}$
 - Cubierta del estudio (cubierta inclinada) , $U = 0,300 \text{ W/m}^2\text{K}$
 - Particiones interiores, $U = 1,206 \text{ W/m}^2\text{K}$
- 2) Aumento del aislamiento en 6cm. en todos los cerramientos, obteniéndose los siguientes valores de transmitancia térmica:
 - Fachada exterior de la vivienda, $U = 0,225 \text{ W/m}^2\text{K}$
 - Fachada interior de la vivienda (al patio), $U = 0,244 \text{ W/m}^2\text{K}$
 - Fachada del estudio, $U = 0,222 \text{ W/m}^2\text{K}$
 - Muro en contacto con el terreno, $U = 0,250 \text{ W/m}^2\text{K}$
 - Forjado sobre el terreno, $U = 0,234 \text{ W/m}^2\text{K}$
 - Forjado entre pisos, $U = 1,970 \text{ W/m}^2\text{K}$
 - Forjado exterior (en voladizo) , $U = 0,251 \text{ W/m}^2\text{K}$
 - Cubierta de la vivienda (cubierta plana) , $U = 0,240 \text{ W/m}^2\text{K}$
 - Cubierta del estudio (cubierta inclinada) , $U = 0,237 \text{ W/m}^2\text{K}$
 - Particiones interiores, $U = 1,206 \text{ W/m}^2\text{K}$

3.2 Análisis de los sistemas de climatización

Como se ha indicado anteriormente, el sistema de climatización estudiado está formado por un sistema de calefacción mediante radiadores de agua caliente y un sistema de refrigeración puntual mediante unidades terminales de aire acondicionado –estos últimos situados en el salón, en los dormitorios, en el estudio y en la habitación de invitados-.

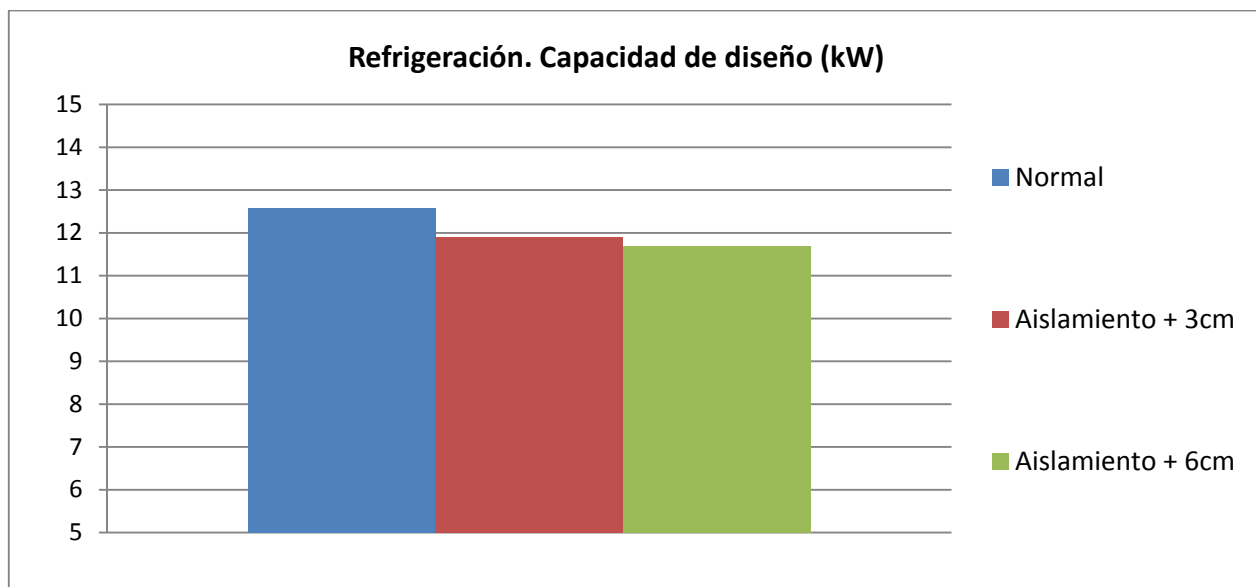
3.2.1 Calefacción

Diseño Calefacción					
(capacidad de diseño - kw)			Normal	Aislamiento + 3cm	Aislamiento + 6cm
P.sotano	no climatizado	cuarto caldera	0	0	0
P.sotano	no climatizado	almacén caldera	0	0	0
P.sotano	no climatizado	pasillo	0	0	0
P.sotano	no climatizado	almacén caldera	0	0	0
P.sotano	climatizado	comedor	5,58	5,51	5,46
Escalera a P.baja	climatizado	escalera	0,81	0,78	0,76
P.baja	no climatizado	garaje	0	0	0
P.baja	climatizado	cocina	6,72	6,6	6,53
P.baja	climatizado	distribuidor	1,86	1,83	1,8
P.baja	climatizado	aseo	0,51	0,5	0,5
P.baja	climatizado	salon	6,15	5,87	5,7
P.baja	climatizado	habitación invitados	2,83	2,72	2,65
P.baja	climatizado	baño invitados	0,86	0,83	0,82
Escalera a P.1ª	climatizado	escalera	0,77	0,74	0,72
P.1ª	climatizado	distribuidor	4,22	3,98	3,85
P.1ª	climatizado	dormitorio principal	4,5	4,32	4,22
P.1ª	climatizado	baño1	1,01	0,96	0,94
P.1ª	climatizado	dormitorio estudio	3,71	3,55	3,45
P.1ª	climatizado	dormitorio2	3,09	2,94	2,85
P.1ª	climatizado	vestidor	0,59	0,56	0,55
P.1ª	climatizado	baño2	1,11	1,08	1,06
Estudio	exterior	mirador (zona ext.)	0	0	0
Estudio	climatizado	estudio	8,47	8,05	7,81
Totales			52,79	50,82	49,67



3.2.2 Refrigeración

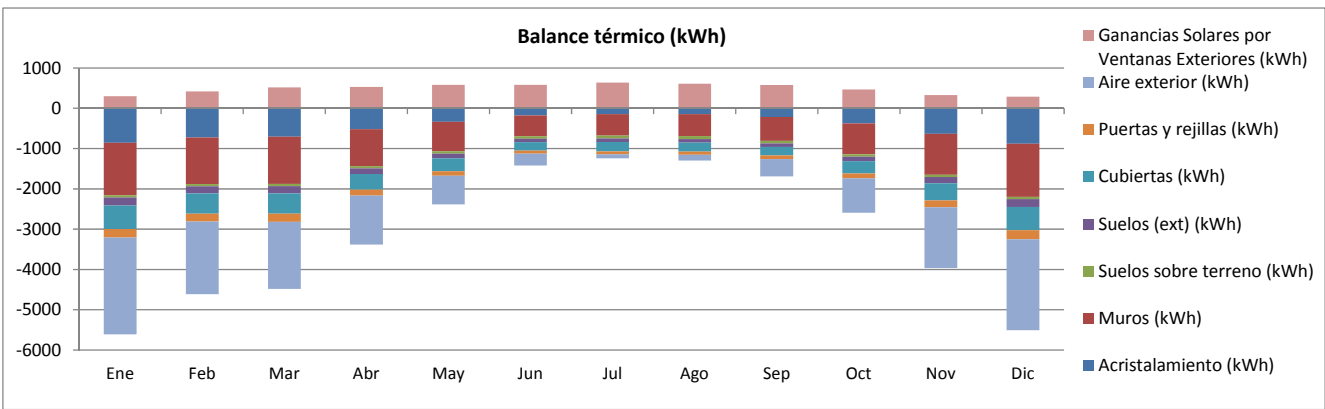
Diseño Refrigeración					
(capacidad de diseño - kw)			Normal	Aislamiento + 3cm	Aislamiento + 6cm
P.sotano	no climatizado	cuarto caldera	0	0	0
P.sotano	no climatizado	almacén caldera	0	0	0
P.sotano	no climatizado	pasillo	0	0	0
P.sotano	no climatizado	almacén caldera	0	0	0
P.sotano	climatizado	comedor	0	0	0
Escalera a P.baja	climatizado	escalera	0	0	0
P.baja	no climatizado	garaje	0	0	0
P.baja	climatizado	cocina	0	0	0
P.baja	climatizado	distribuidor	0	0	0
P.baja	climatizado	aseo	0	0	0
P.baja	climatizado	salon	1,75	1,84	1,86
P.baja	climatizado	habitación invitados	0,47	0,44	0,46
P.baja	climatizado	baño invitados	0	0	0
Escalera a P.1º	climatizado	escalera	0	0	0
P.1ª	climatizado	distribuidor	0	0	0
P.1ª	climatizado	dormitorio principal	3,01	2,68	2,6
P.1ª	climatizado	baño1	0	0	0
P.1ª	climatizado	dormitorio estudio	1,82	1,69	1,64
P.1ª	climatizado	dormitorio2	1,23	1,06	0,98
P.1ª	climatizado	vestidor	0	0	0
P.1ª	climatizado	baño2	0	0	0
Estudio	exterior	mirador (zona ext.)	0	0	0
Estudio	climatizado	estudio	4,29	4,2	4,14
Totales			12,57	11,91	11,68



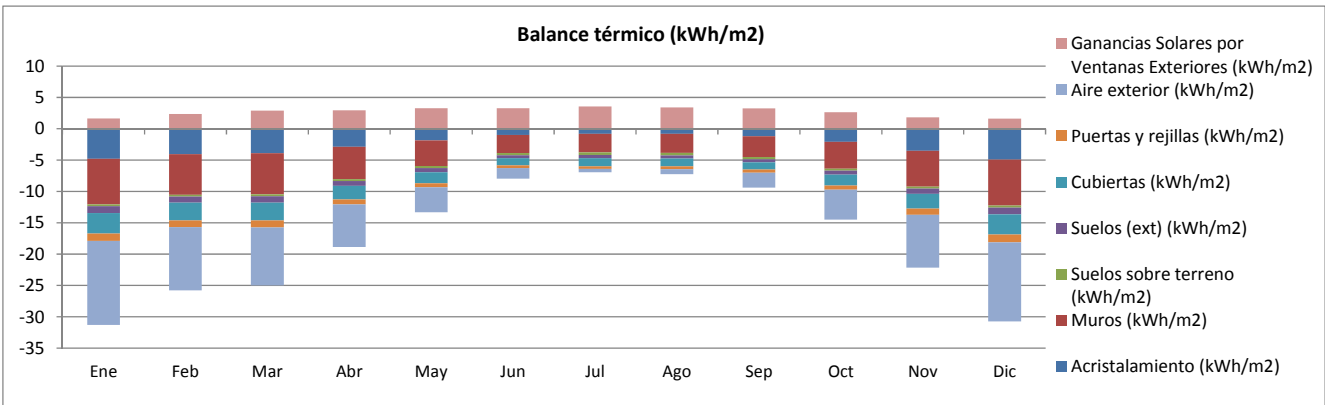
3.3 Resultados del análisis térmico

3.3.1 Balance térmico

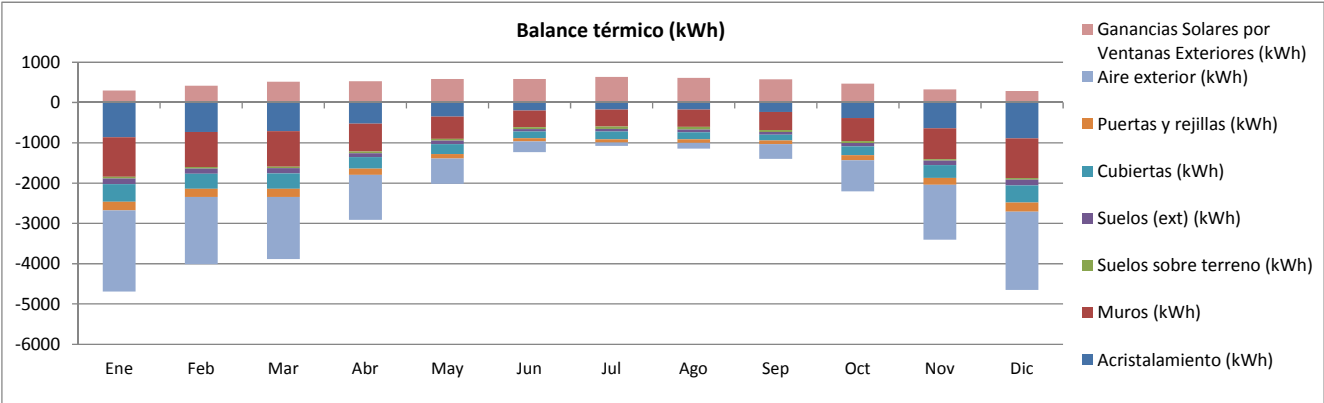
Normal	Acristalamiento (kWh)	Muros (kWh)	Suelos sobre terreno (kWh)	Suelos (ext) (kWh)	Cubiertas (kWh)	Puertas y rejillas (kWh)	Aire exterior (kWh)	Ganancias Solares por Ventanas Exteriores (kWh)
Ene	-855,9	-1306,45	-54,51	-194,08	-588,61	-208,44	-2403,31	295,7
Feb	-725,38	-1159,24	-50,3	-176,67	-504,68	-198,61	-1801,13	419,67
Mar	-704,25	-1171,31	-56,52	-179,05	-507,64	-198,2	-1664,36	514,27
Abr	-516,81	-921	-56,88	-136,48	-385,84	-150,95	-1213,46	527,75
May	-339,31	-726,42	-60,72	-114,92	-320,59	-111,29	-712,66	583,54
Jun	-179,83	-516,29	-63,15	-84,9	-205,31	-75,08	-300,18	584,33
Jul	-146,81	-528,91	-74,75	-87,07	-234,46	-73,14	-98,14	637,91
Ago	-148,08	-539,94	-77,15	-88,69	-222,34	-76,49	-145,44	612,38
Sep	-216,92	-591,63	-63,58	-90,46	-209,24	-90,32	-425,78	579,24
Oct	-376,79	-764,43	-59,83	-114,17	-304,44	-121,01	-855,9	469,64
Nov	-631,94	-1020,44	-54,74	-151,78	-425,83	-171,3	-1512,58	325,1
Dic	-881,52	-1316,39	-55,63	-197,72	-573,44	-226,57	-2258,49	287,26
Anual	-5723,54	-10562,45	-727,76	-1615,99	-4482,42	-1701,4	-13391,43	5836,79



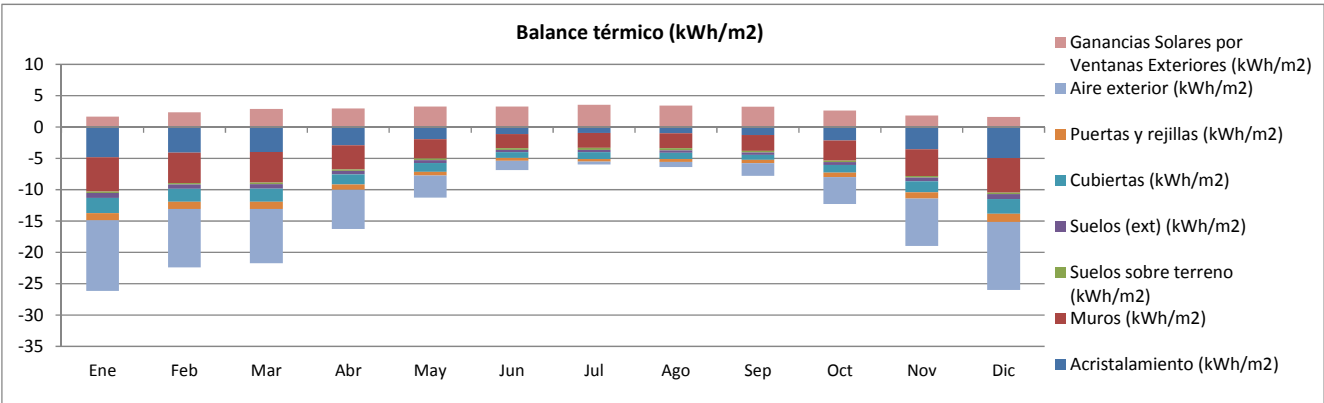
Normal	Acristalamiento (kWh/m2)	Muros (kWh/m2)	Suelos sobre terreno (kWh/m2)	Suelos (ext) (kWh/m2)	Cubiertas (kWh/m2)	Puertas y rejillas (kWh/m2)	Aire exterior (kWh/m2)	Ganancias Solares por Ventanas Exteriores (kWh/m2)
Ene	-4,78	-7,29	-0,3	-1,08	-3,29	-1,16	-13,42	1,65
Feb	-4,05	-6,47	-0,28	-0,99	-2,82	-1,11	-10,05	2,34
Mar	-3,93	-6,54	-0,32	-1	-2,83	-1,11	-9,29	2,87
Abr	-2,89	-5,14	-0,32	-0,76	-2,15	-0,84	-6,77	2,95
May	-1,89	-4,06	-0,34	-0,64	-1,79	-0,62	-3,98	3,26
Jun	-1	-2,88	-0,35	-0,47	-1,15	-0,42	-1,68	3,26
Jul	-0,82	-2,95	-0,42	-0,49	-1,31	-0,41	-0,55	3,56
Ago	-0,83	-3,01	-0,43	-0,5	-1,24	-0,43	-0,81	3,42
Sep	-1,21	-3,3	-0,35	-0,5	-1,17	-0,5	-2,38	3,23
Oct	-2,1	-4,27	-0,33	-0,64	-1,7	-0,68	-4,78	2,62
Nov	-3,53	-5,7	-0,31	-0,85	-2,38	-0,96	-8,44	1,81
Dic	-4,92	-7,35	-0,31	-1,1	-3,2	-1,26	-12,61	1,6
Anual	-31,95	-58,96	-4,06	-9,02	-25,03	-9,5	-74,76	32,57



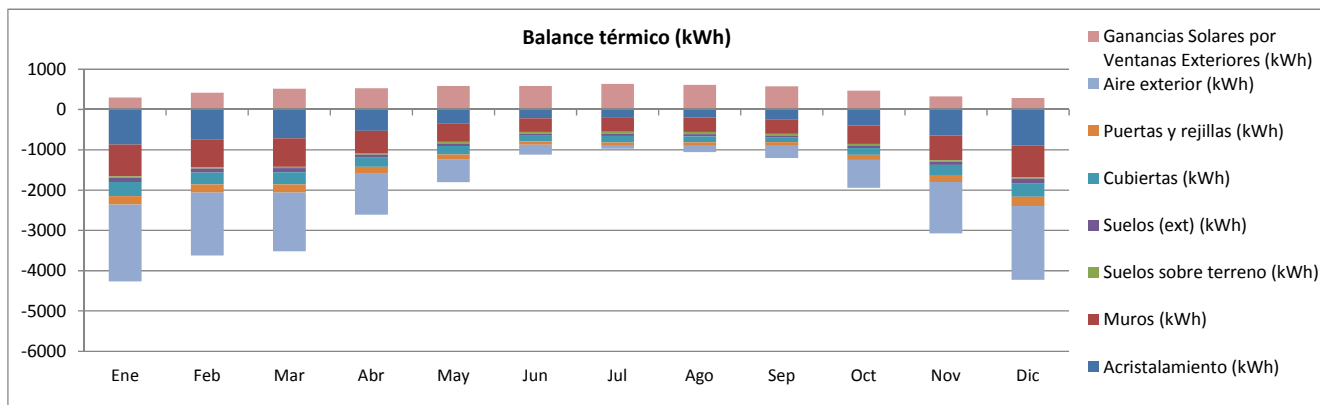
Aislamiento + 3 cm.	Acristalamiento (kWh)	Muros (kWh)	Suelos sobre terreno (kWh)	Suelos (ext) (kWh)	Cubiertas (kWh)	Puertas y rejillas (kWh)	Aire exterior (kWh)	Ganancias Solares por Ventanas Exteriores (kWh)
Ene	-864,17	-980,67	-41,78	-140,61	-437,56	-210,28	-2014,47	295,7
Feb	-733,34	-868,02	-38,58	-127,25	-374,43	-200,55	-1669,84	419,67
Mar	-712,31	-877,51	-42,86	-129,02	-377,9	-200,2	-1549,14	514,27
Abr	-524,61	-690,56	-43,84	-98,28	-285,95	-152,79	-1118,33	527,75
May	-348,87	-551,66	-46,39	-83,84	-246,78	-113,39	-629,57	583,54
Jun	-201,14	-408,21	-49,32	-63,25	-165,52	-79,79	-265,63	584,33
Jul	-171,89	-425,03	-59,04	-65,83	-192,51	-78,74	-81,41	637,91
Ago	-175,1	-432,95	-61,09	-66,82	-179,23	-82,55	-145,62	612,38
Sep	-231,59	-449,75	-48,61	-65,31	-146,76	-93,72	-363,12	579,24
Oct	-384,66	-574,27	-45,52	-82,48	-222,5	-123,02	-770,19	469,64
Nov	-639,25	-763,8	-41,97	-109,22	-314,76	-173,06	-1362,29	325,1
Dic	-890,5	-984,08	-42,58	-141,99	-423,76	-228,66	-1942,17	287,26
Anual	-5877,43	-8006,51	-561,58	-1173,9	-3367,66	-1736,75	-11911,78	5836,79



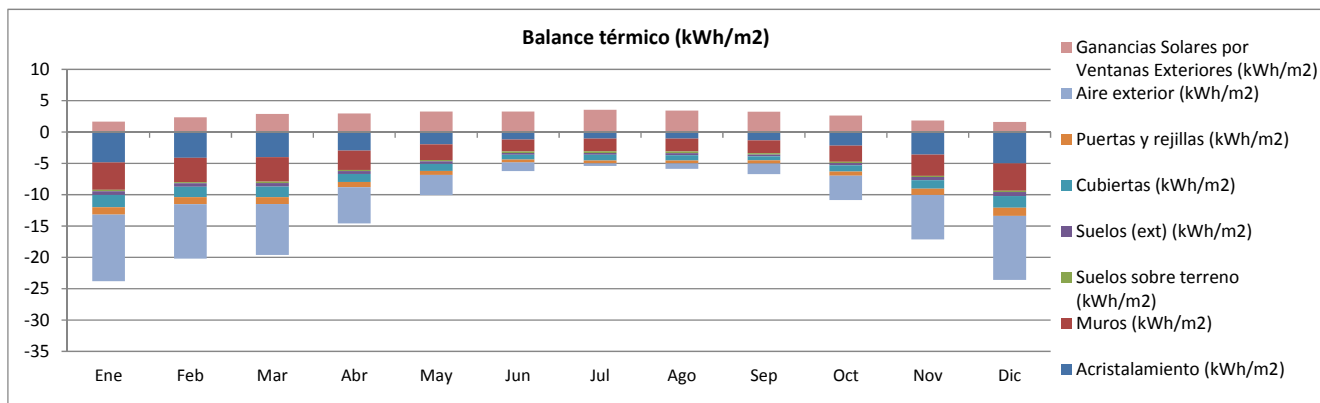
Aislamiento + 3 cm.	Acristalamiento (kWh/m2)	Muros (kWh/m2)	Suelos sobre terreno (kWh/m2)	Suelos (ext) (kWh/m2)	Cubiertas (kWh/m2)	Puertas y rejillas (kWh/m2)	Aire exterior (kWh/m2)	Ganancias Solares por Ventanas Exteriores (kWh/m2)
Ene	-4,82	-5,47	-0,23	-0,78	-2,44	-1,17	-11,25	1,65
Feb	-4,09	-4,85	-0,22	-0,71	-2,09	-1,12	-9,32	2,34
Mar	-3,98	-4,9	-0,24	-0,72	-2,11	-1,12	-8,65	2,87
Abr	-2,93	-3,85	-0,24	-0,55	-1,6	-0,85	-6,24	2,95
May	-1,95	-3,08	-0,26	-0,47	-1,38	-0,63	-3,51	3,26
Jun	-1,12	-2,28	-0,28	-0,35	-0,92	-0,45	-1,48	3,26
Jul	-0,96	-2,37	-0,33	-0,37	-1,07	-0,44	-0,45	3,56
Ago	-0,98	-2,42	-0,34	-0,37	-1	-0,46	-0,81	3,42
Sep	-1,29	-2,51	-0,27	-0,36	-0,82	-0,52	-2,03	3,23
Oct	-2,15	-3,21	-0,25	-0,46	-1,24	-0,69	-4,3	2,62
Nov	-3,57	-4,26	-0,23	-0,61	-1,76	-0,97	-7,6	1,81
Dic	-4,97	-5,49	-0,24	-0,79	-2,37	-1,28	-10,84	1,6
Anual	-32,81	-44,69	-3,13	-6,54	-18,8	-9,7	-66,48	32,57



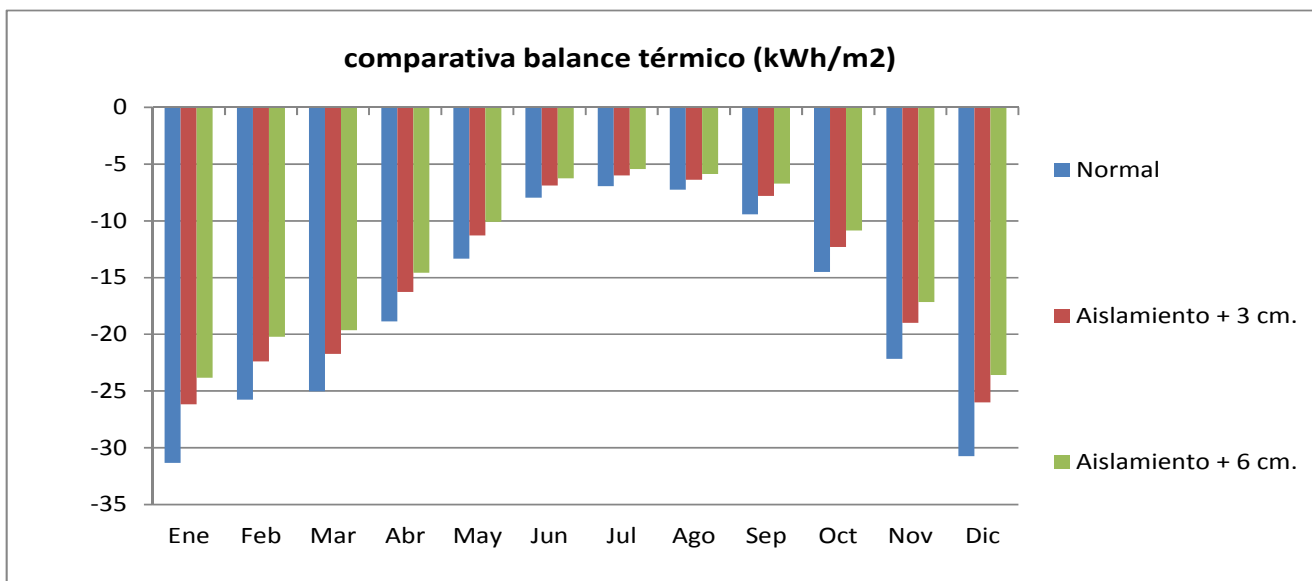
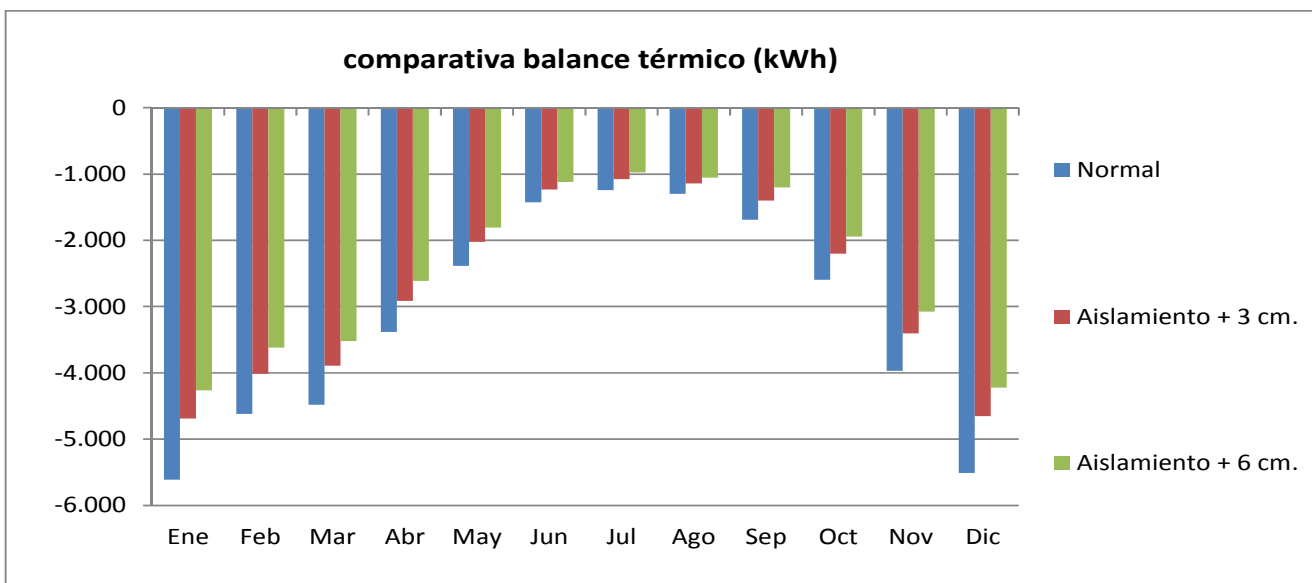
Aislamiento + 6 cm.	Acristalamiento (kWh)	Muros (kWh)	Suelos sobre terreno (kWh)	Suelos (ext) (kWh)	Cubiertas (kWh)	Puertas y rejillas (kWh)	Aire exterior (kWh)	Ganancias Solares por Ventanas Exteriores (kWh)
Ene	-869,19	-786,19	-33,95	-110,48	-348,86	-211,38	-1905,05	295,7
Feb	-738,2	-694,46	-31,59	-99,51	-297,93	-201,69	-1558,16	419,67
Mar	-717,74	-703,6	-35,22	-101,02	-301,78	-201,44	-1456,24	514,27
Abr	-530,25	-554,21	-35,55	-76,84	-227,12	-153,99	-1032,48	527,75
May	-356,28	-448,72	-38,09	-66,44	-203,51	-114,89	-580,23	583,54
Jun	-217,12	-341,51	-40,5	-50,75	-140,54	-83,2	-245,01	584,33
Jul	-190,38	-359,72	-49,15	-53,43	-164,7	-82,74	-75,55	637,91
Ago	-194,33	-364,73	-50,79	-53,95	-150,77	-86,74	-152,17	612,38
Sep	-242,86	-364,51	-39,32	-51,01	-108,89	-96,17	-300,11	579,24
Oct	-390,78	-462,14	-36,99	-64,68	-173,6	-124,46	-690,39	469,64
Nov	-643,83	-611,62	-34,38	-85,37	-249,35	-174,17	-1276,13	325,1
Dic	-895,68	-786,7	-35,4	-110,76	-335,93	-229,9	-1831,02	287,26
Anual	-5986,64	-6478,11	-460,93	-924,24	-2702,98	-1760,77	-11102,54	5836,79



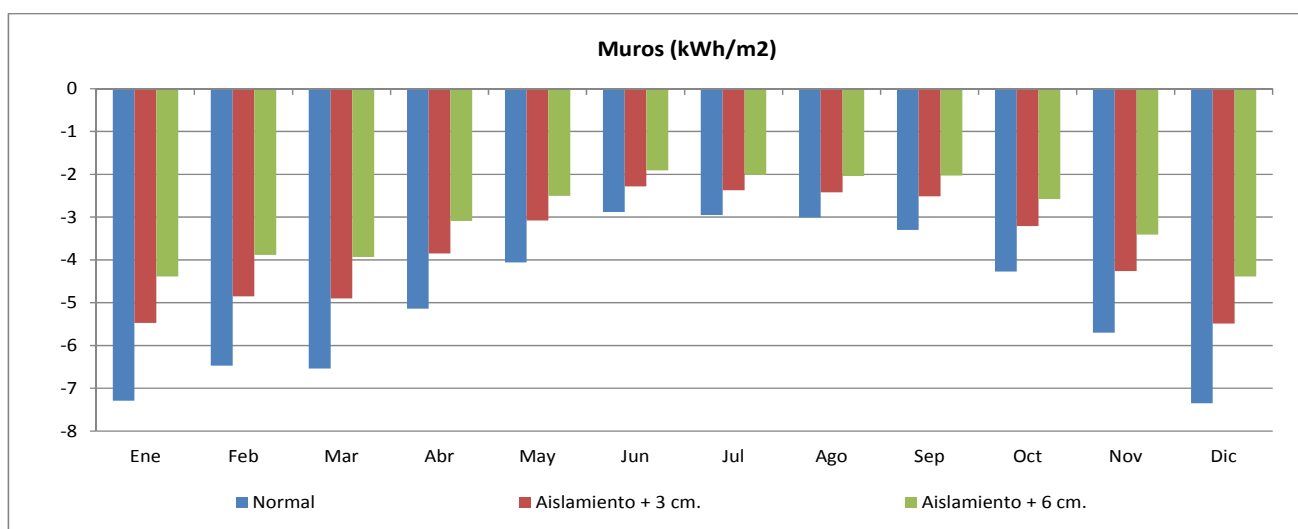
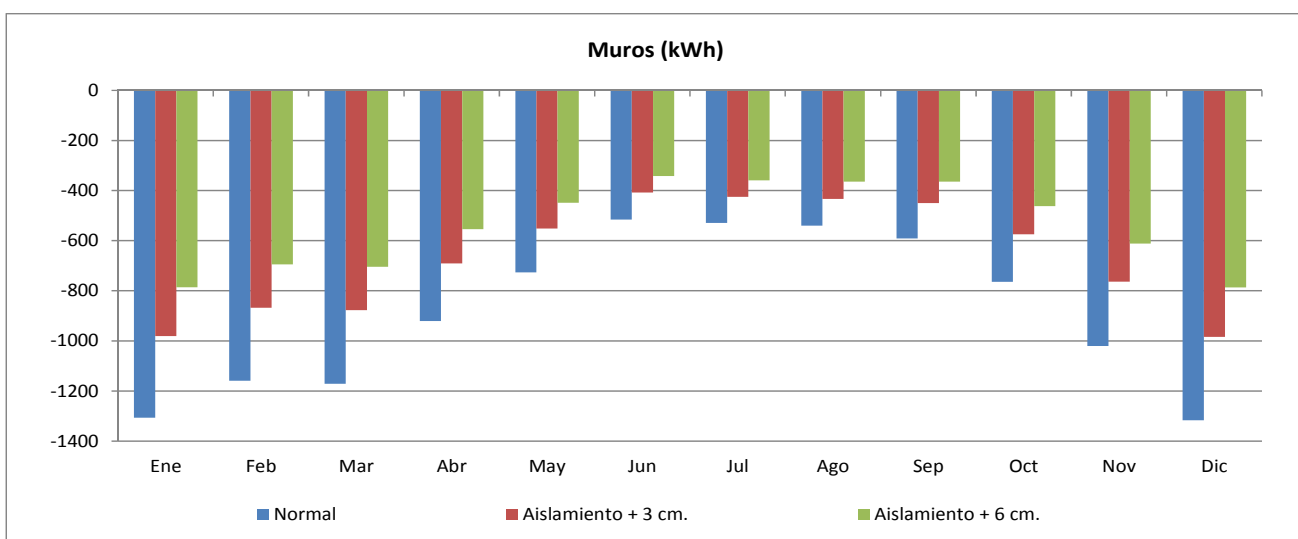
Aislamiento + 6 cm.	Acristalamiento (kWh/m2)	Muros (kWh/m2)	Suelos sobre terreno (kWh/m2)	Suelos (ext) (kWh/m2)	Cubiertas (kWh/m2)	Puertas y rejillas (kWh/m2)	Aire exterior (kWh/m2)	Ganancias Solares por Ventanas Exteriores (kWh/m2)
Ene	-4,85	-4,39	-0,19	-0,62	-1,95	-1,18	-10,63	1,65
Feb	-4,12	-3,88	-0,18	-0,56	-1,66	-1,13	-8,7	2,34
Mar	-4,01	-3,93	-0,2	-0,56	-1,68	-1,12	-8,13	2,87
Abr	-2,96	-3,09	-0,2	-0,43	-1,27	-0,86	-5,76	2,95
May	-1,99	-2,5	-0,21	-0,37	-1,14	-0,64	-3,24	3,26
Jun	-1,21	-1,91	-0,23	-0,28	-0,78	-0,46	-1,37	3,26
Jul	-1,06	-2,01	-0,27	-0,3	-0,92	-0,46	-0,42	3,56
Ago	-1,08	-2,04	-0,28	-0,3	-0,84	-0,48	-0,85	3,42
Sep	-1,36	-2,03	-0,22	-0,28	-0,61	-0,54	-1,68	3,23
Oct	-2,18	-2,58	-0,21	-0,36	-0,97	-0,69	-3,85	2,62
Nov	-3,59	-3,41	-0,19	-0,48	-1,39	-0,97	-7,12	1,81
Dic	-5	-4,39	-0,2	-0,62	-1,88	-1,28	-10,22	1,6
Anual	-33,41	-36,16	-2,58	-5,16	-15,09	-9,81	-61,97	32,57



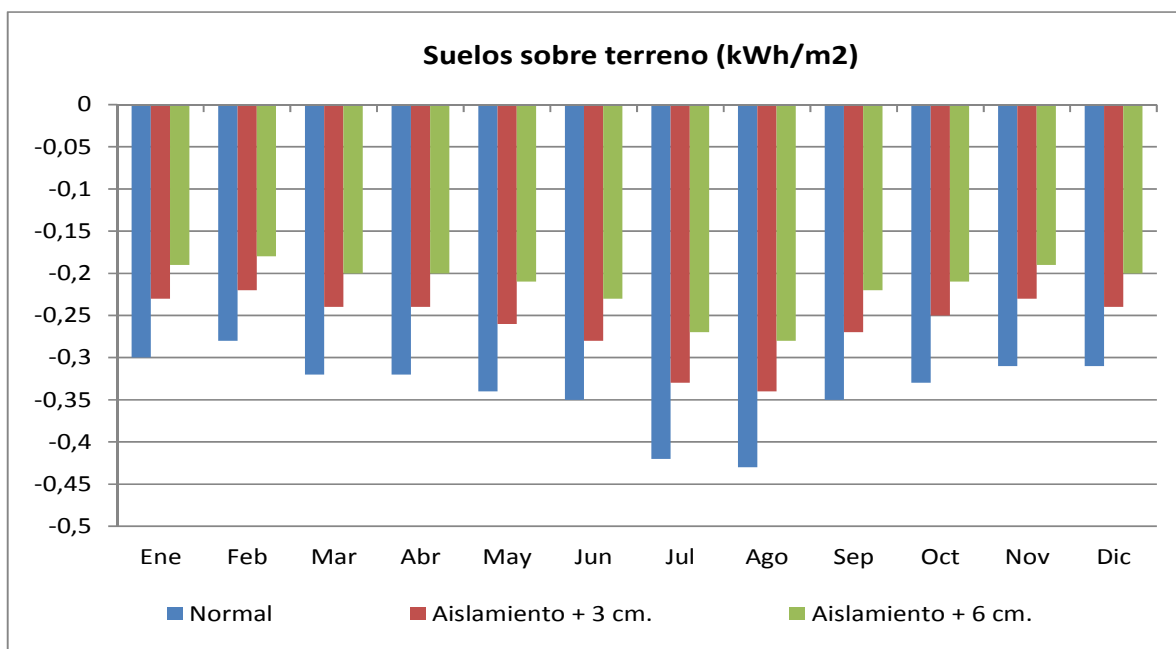
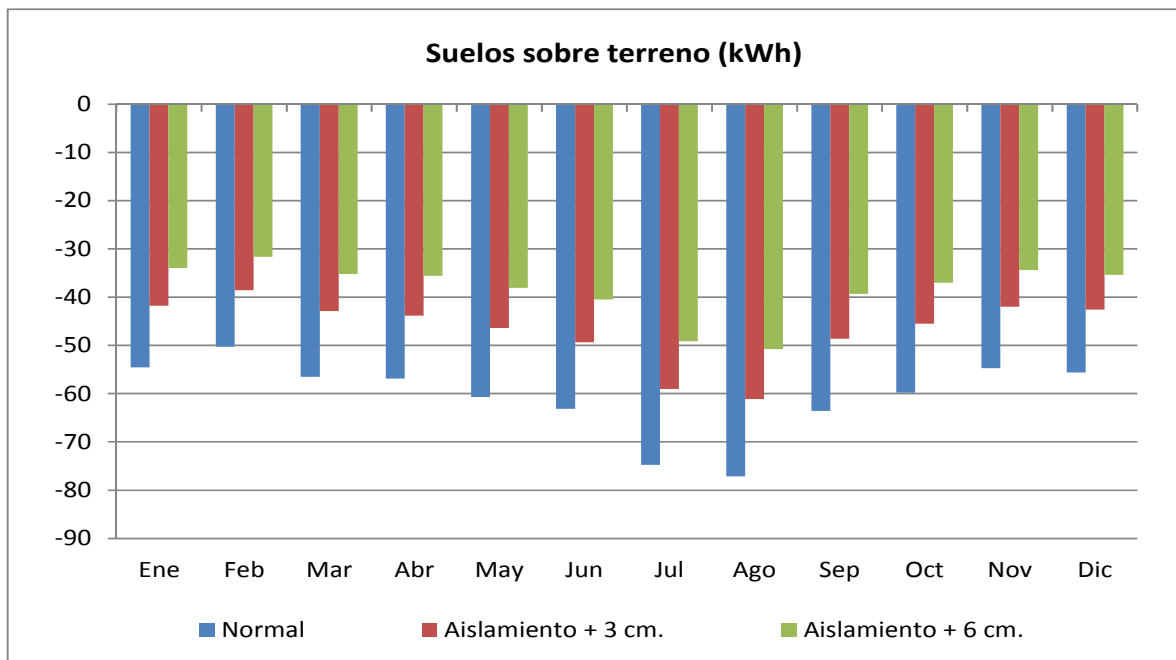
Balance térmico (kWh)	Normal	Aislamiento + 3 cm.	Aislamiento + 6 cm.	Balance térmico (kWh/m2)	Normal	Aislamiento + 3 cm.	Aislamiento + 6 cm.
Ene	-5.611,30	-4.689,54	-4.265,10	Ene	-31,32	-26,16	-23,81
Feb	-4.616,01	-4.012,01	-3.621,54	Feb	-25,77	-22,40	-20,23
Mar	-4.481,33	-3.888,94	-3.517,04	Mar	-25,02	-21,72	-19,63
Abr	-3.381,42	-2.914,36	-2.610,44	Abr	-18,87	-16,26	-14,57
May	-2.385,91	-2.020,50	-1.808,16	May	-13,32	-11,28	-10,09
Jun	-1.424,74	-1.232,86	-1.118,63	Jun	-7,95	-6,88	-6,24
Jul	-1.243,28	-1.074,45	-975,67	Jul	-6,95	-5,99	-5,44
Ago	-1.298,13	-1.143,36	-1.053,48	Ago	-7,25	-6,38	-5,87
Sep	-1.687,93	-1.398,86	-1.202,87	Sep	-9,41	-7,80	-6,72
Oct	-2.596,57	-2.202,64	-1.943,04	Oct	-14,50	-12,30	-10,84
Nov	-3.968,61	-3.404,35	-3.074,85	Nov	-22,17	-19,00	-17,15
Dic	-5.509,76	-4.653,74	-4.225,39	Dic	-30,75	-25,98	-23,59
Anual	-38.204,99	-32.635,61	-29.416,21	Anual	-213,28	-182,15	-164,18



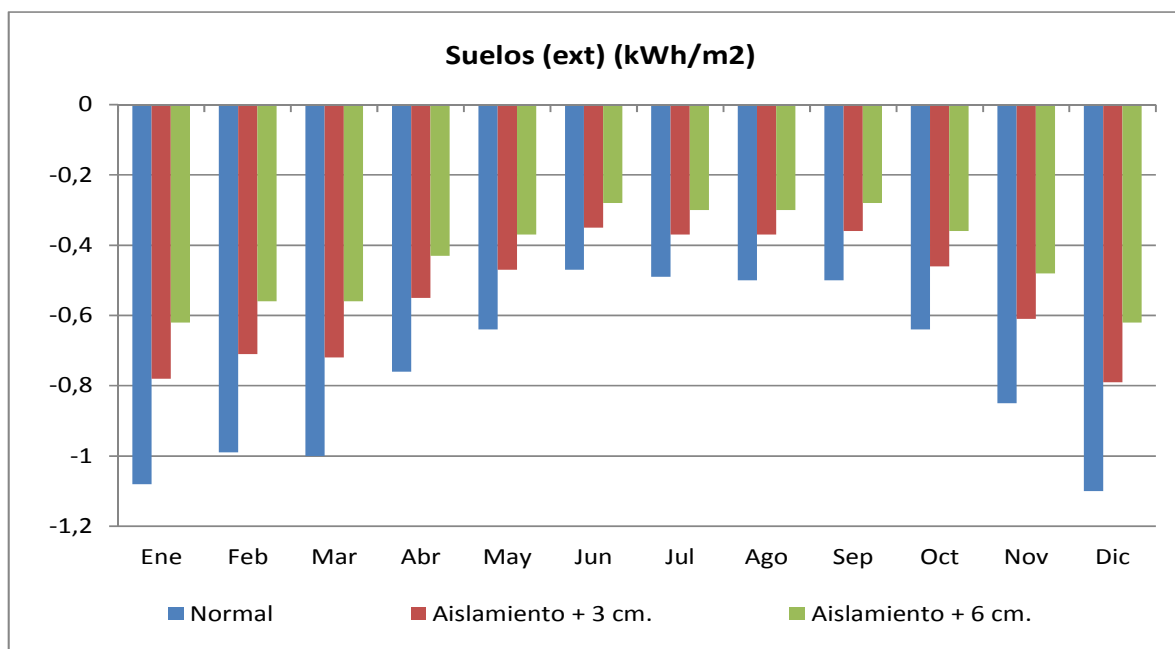
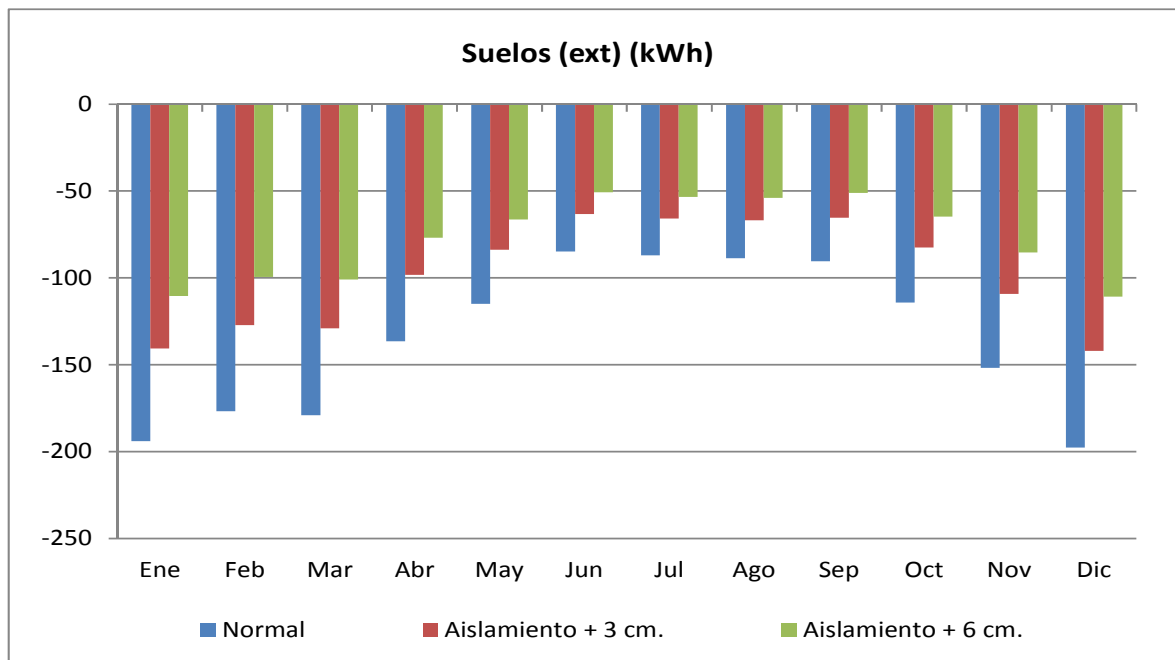
Muros (kWh)	Normal	Aislamiento + 3 cm.	Aislamiento + 6 cm.	Muros (kWh/m2)	Normal	Aislamiento + 3 cm.	Aislamiento + 6 cm.
Ene	-1306,45	-980,67	-786,19	Ene	-7,29	-5,47	-4,39
Feb	-1159,24	-868,02	-694,46	Feb	-6,47	-4,85	-3,88
Mar	-1171,31	-877,51	-703,6	Mar	-6,54	-4,9	-3,93
Abr	-921	-690,56	-554,21	Abr	-5,14	-3,85	-3,09
May	-726,42	-551,66	-448,72	May	-4,06	-3,08	-2,5
Jun	-516,29	-408,21	-341,51	Jun	-2,88	-2,28	-1,91
Jul	-528,91	-425,03	-359,72	Jul	-2,95	-2,37	-2,01
Ago	-539,94	-432,95	-364,73	Ago	-3,01	-2,42	-2,04
Sep	-591,63	-449,75	-364,51	Sep	-3,3	-2,51	-2,03
Oct	-764,43	-574,27	-462,14	Oct	-4,27	-3,21	-2,58
Nov	-1020,44	-763,8	-611,62	Nov	-5,7	-4,26	-3,41
Dic	-1316,39	-984,08	-786,7	Dic	-7,35	-5,49	-4,39
Anual	-10562,45	-8006,51	-6478,11	Anual	-58,96	-44,69	-36,16



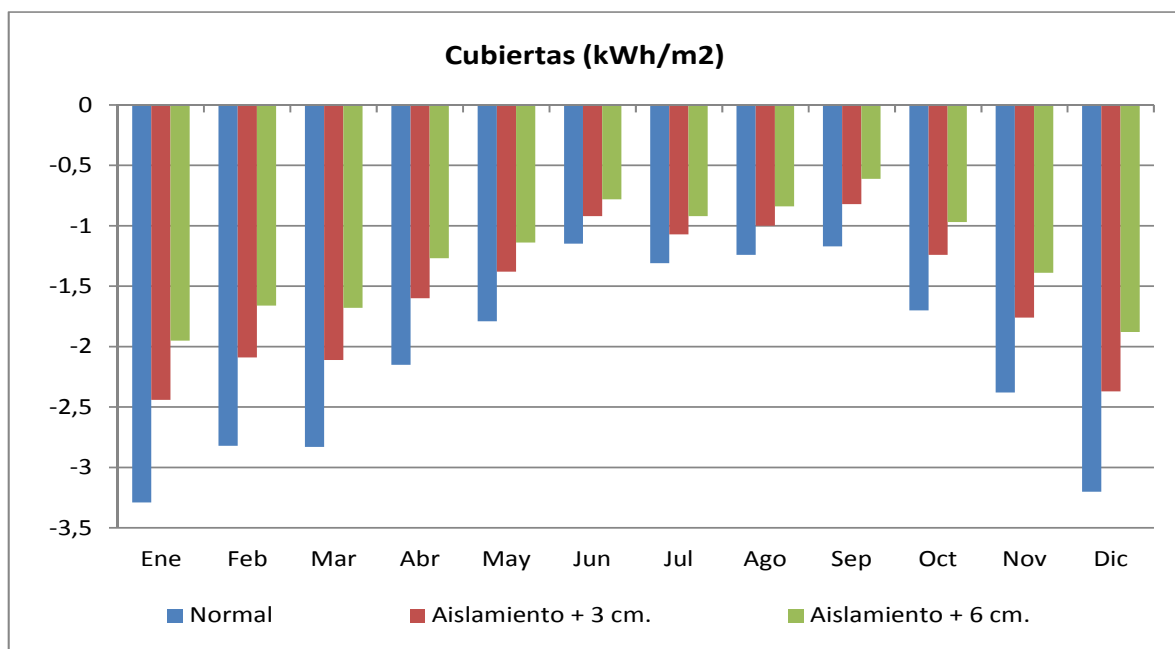
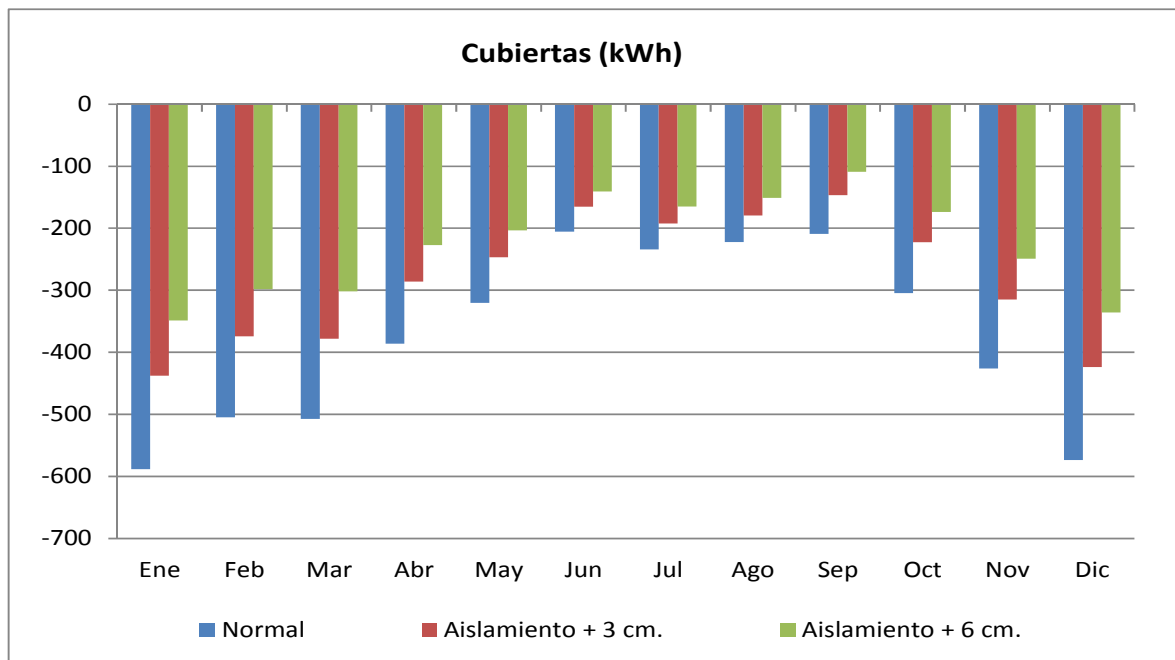
Suelos sobre terreno (kWh)	Normal	Aislamiento + 3 cm.	Aislamiento + 6 cm.	Suelos sobre terreno (kWh/m2)	Normal	Aislamiento + 3 cm.	Aislamiento + 6 cm.
Ene	-54,51	-41,78	-33,95	Ene	-0,3	-0,23	-0,19
Feb	-50,3	-38,58	-31,59	Feb	-0,28	-0,22	-0,18
Mar	-56,52	-42,86	-35,22	Mar	-0,32	-0,24	-0,2
Abr	-56,88	-43,84	-35,55	Abr	-0,32	-0,24	-0,2
May	-60,72	-46,39	-38,09	May	-0,34	-0,26	-0,21
Jun	-63,15	-49,32	-40,5	Jun	-0,35	-0,28	-0,23
Jul	-74,75	-59,04	-49,15	Jul	-0,42	-0,33	-0,27
Ago	-77,15	-61,09	-50,79	Ago	-0,43	-0,34	-0,28
Sep	-63,58	-48,61	-39,32	Sep	-0,35	-0,27	-0,22
Oct	-59,83	-45,52	-36,99	Oct	-0,33	-0,25	-0,21
Nov	-54,74	-41,97	-34,38	Nov	-0,31	-0,23	-0,19
Dic	-55,63	-42,58	-35,4	Dic	-0,31	-0,24	-0,2
Anual	-727,76	-561,58	-460,93	Anual	-4,06	-3,13	-2,58



Suelos (ext) (kWh)	Normal	Aislamiento + 3 cm.	Aislamiento + 6 cm.	Suelos (ext) (kWh/m2)	Normal	Aislamiento + 3 cm.	Aislamiento + 6 cm.
Ene	-194,08	-140,61	-110,48	Ene	-1,08	-0,78	-0,62
Feb	-176,67	-127,25	-99,51	Feb	-0,99	-0,71	-0,56
Mar	-179,05	-129,02	-101,02	Mar	-1	-0,72	-0,56
Abr	-136,48	-98,28	-76,84	Abr	-0,76	-0,55	-0,43
May	-114,92	-83,84	-66,44	May	-0,64	-0,47	-0,37
Jun	-84,9	-63,25	-50,75	Jun	-0,47	-0,35	-0,28
Jul	-87,07	-65,83	-53,43	Jul	-0,49	-0,37	-0,3
Ago	-88,69	-66,82	-53,95	Ago	-0,5	-0,37	-0,3
Sep	-90,46	-65,31	-51,01	Sep	-0,5	-0,36	-0,28
Oct	-114,17	-82,48	-64,68	Oct	-0,64	-0,46	-0,36
Nov	-151,78	-109,22	-85,37	Nov	-0,85	-0,61	-0,48
Dic	-197,72	-141,99	-110,76	Dic	-1,1	-0,79	-0,62
Anual	-1615,99	-1173,9	-924,24	Anual	-9,02	-6,54	-5,16

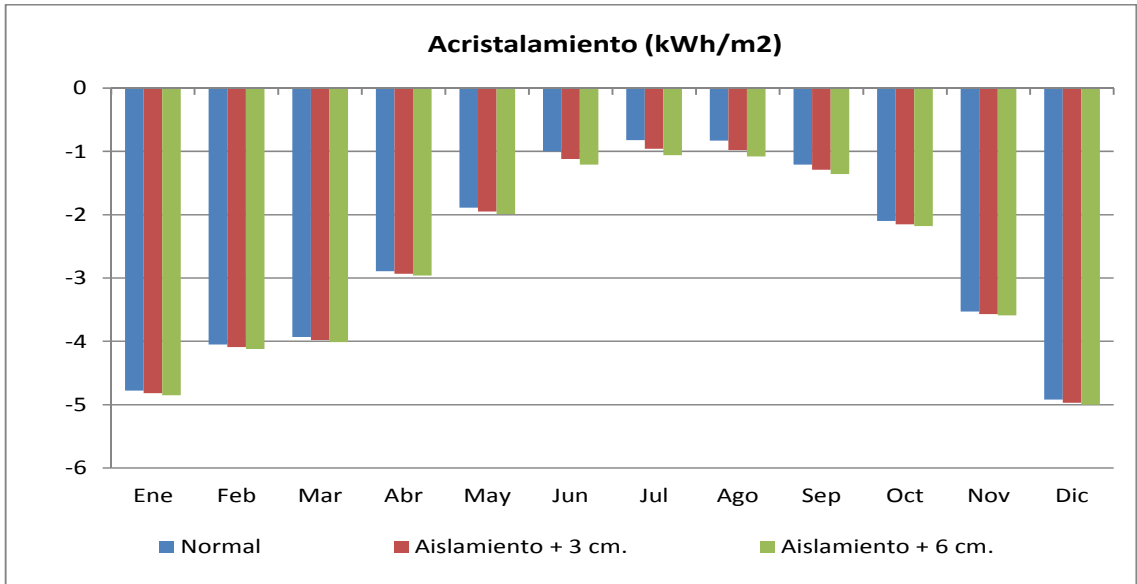
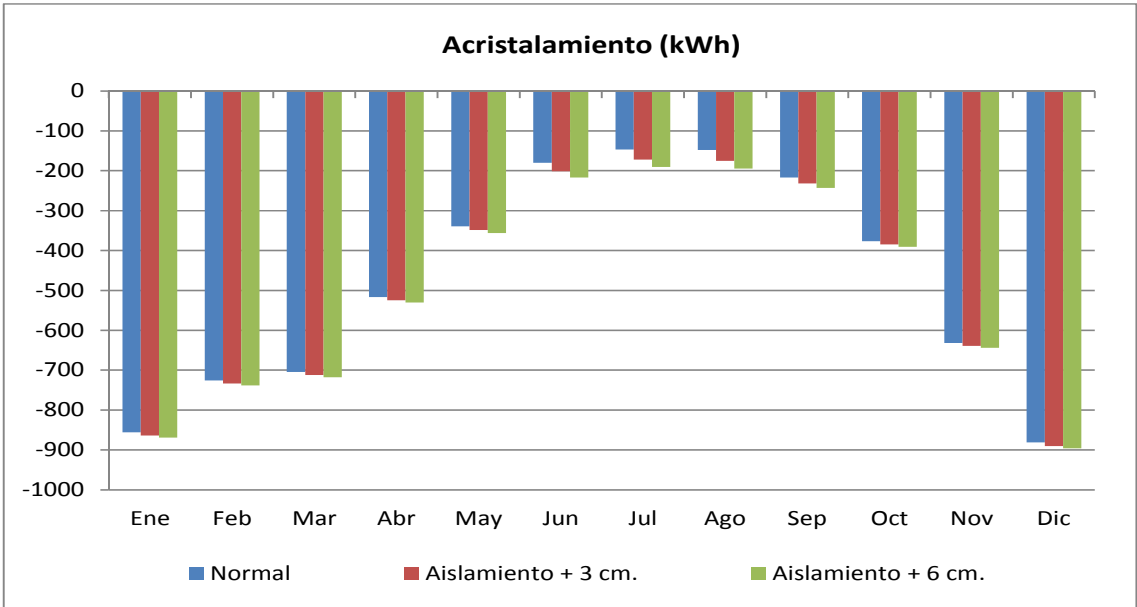


Cubiertas (kWh)	Normal	Aislamiento + 3 cm.	Aislamiento + 6 cm.	Cubiertas (kWh/m2)	Normal	Aislamiento + 3 cm.	Aislamiento + 6 cm.
Ene	-588,61	-437,56	-348,86	Ene	-3,29	-2,44	-1,95
Feb	-504,68	-374,43	-297,93	Feb	-2,82	-2,09	-1,66
Mar	-507,64	-377,9	-301,78	Mar	-2,83	-2,11	-1,68
Abr	-385,84	-285,95	-227,12	Abr	-2,15	-1,6	-1,27
May	-320,59	-246,78	-203,51	May	-1,79	-1,38	-1,14
Jun	-205,31	-165,52	-140,54	Jun	-1,15	-0,92	-0,78
Jul	-234,46	-192,51	-164,7	Jul	-1,31	-1,07	-0,92
Ago	-222,34	-179,23	-150,77	Ago	-1,24	-1	-0,84
Sep	-209,24	-146,76	-108,89	Sep	-1,17	-0,82	-0,61
Oct	-304,44	-222,5	-173,6	Oct	-1,7	-1,24	-0,97
Nov	-425,83	-314,76	-249,35	Nov	-2,38	-1,76	-1,39
Dic	-573,44	-423,76	-335,93	Dic	-3,2	-2,37	-1,88
Anual	-4482,42	-3367,66	-2702,98	Anual	-25,03	-18,8	-15,09

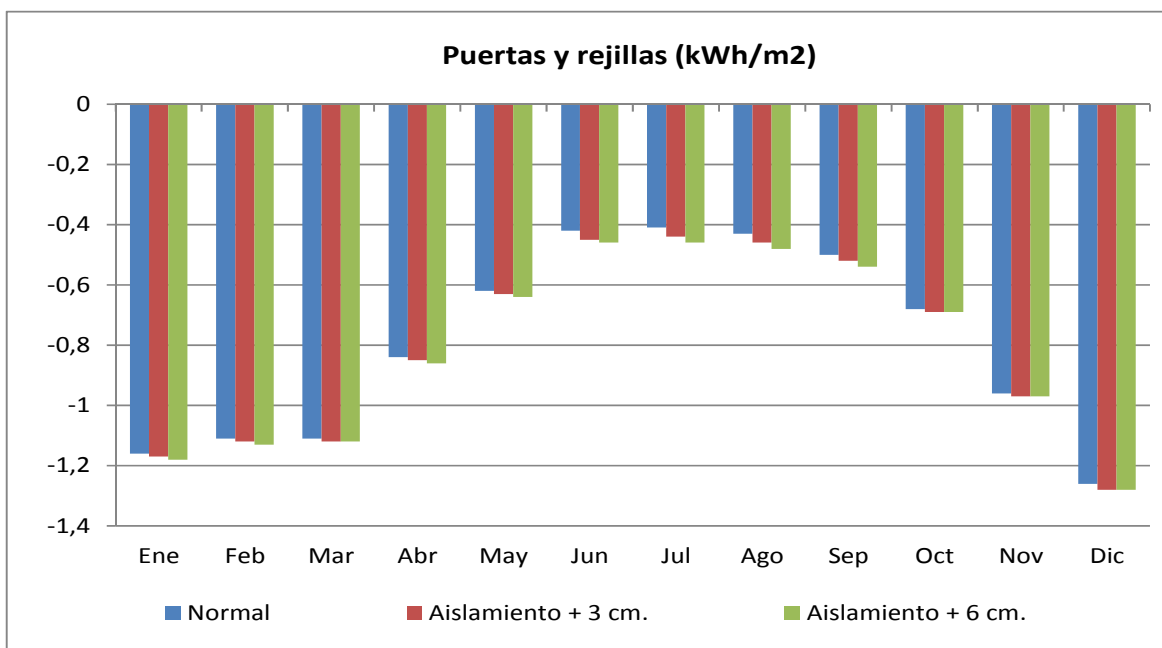
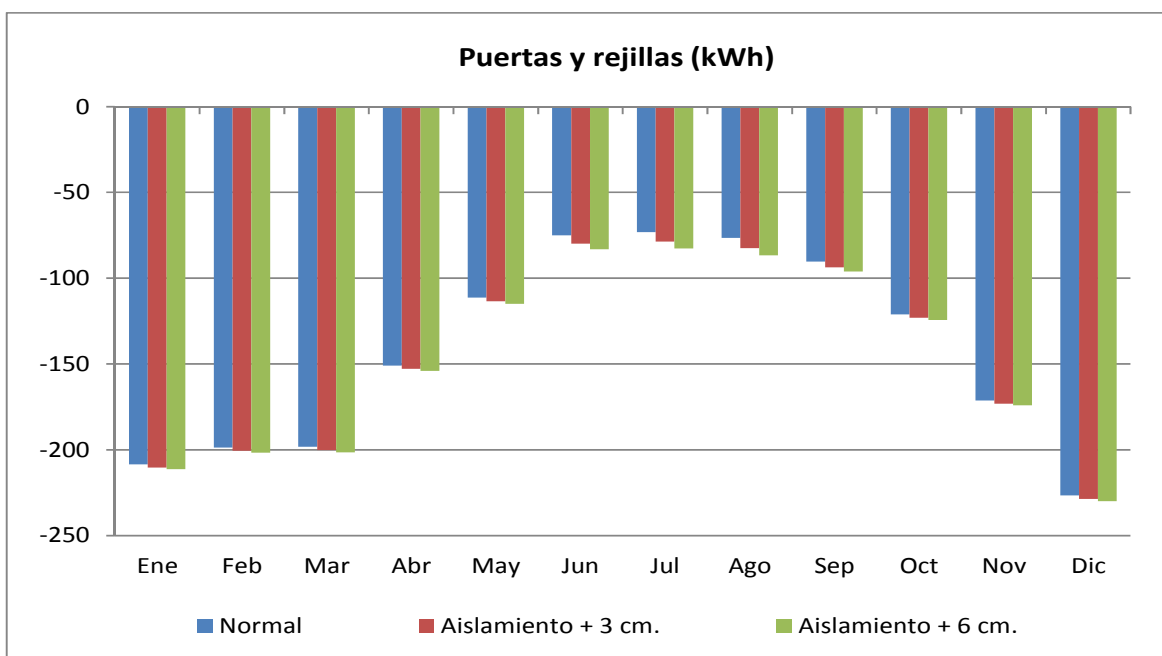


El aumento de las pérdidas térmicas a través de los acristalamientos y de las puertas y rejillas evidencia que al aumentar el aislamiento en los cerramientos y dificultar su paso por dichos elementos, el flujo de energía aumenta por los elementos que se han mantenido con las mismas características.

Acristalamiento (kWh)	Normal	Aislamiento + 3 cm.	Aislamiento + 6 cm.	Acristalamiento (kWh/m2)	Normal	Aislamiento + 3 cm.	Aislamiento + 6 cm.
Ene	-855,9	-864,17	-869,19	Ene	-4,78	-4,82	-4,85
Feb	-725,38	-733,34	-738,2	Feb	-4,05	-4,09	-4,12
Mar	-704,25	-712,31	-717,74	Mar	-3,93	-3,98	-4,01
Abr	-516,81	-524,61	-530,25	Abr	-2,89	-2,93	-2,96
May	-339,31	-348,87	-356,28	May	-1,89	-1,95	-1,99
Jun	-179,83	-201,14	-217,12	Jun	-1	-1,12	-1,21
Jul	-146,81	-171,89	-190,38	Jul	-0,82	-0,96	-1,06
Ago	-148,08	-175,1	-194,33	Ago	-0,83	-0,98	-1,08
Sep	-216,92	-231,59	-242,86	Sep	-1,21	-1,29	-1,36
Oct	-376,79	-384,66	-390,78	Oct	-2,1	-2,15	-2,18
Nov	-631,94	-639,25	-643,83	Nov	-3,53	-3,57	-3,59
Dic	-881,52	-890,5	-895,68	Dic	-4,92	-4,97	-5
Anual	-5723,54	-5877,43	-5986,64	Anual	-31,95	-32,81	-33,41



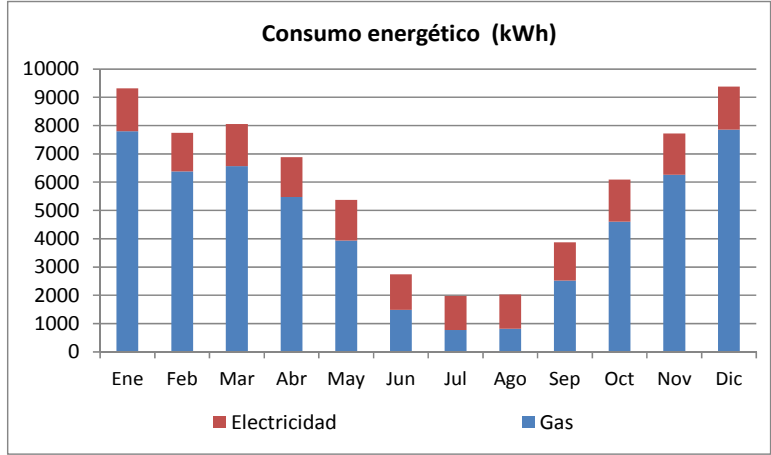
Puertas y rejillas (kWh)	Normal	Aislamiento + 3 cm.	Aislamiento + 6 cm.	Puertas y rejillas (kWh/m2)	Normal	Aislamiento + 3 cm.	Aislamiento + 6 cm.
Ene	-208,44	-210,28	-211,38	Ene	-1,16	-1,17	-1,18
Feb	-198,61	-200,55	-201,69	Feb	-1,11	-1,12	-1,13
Mar	-198,2	-200,2	-201,44	Mar	-1,11	-1,12	-1,12
Abr	-150,95	-152,79	-153,99	Abr	-0,84	-0,85	-0,86
May	-111,29	-113,39	-114,89	May	-0,62	-0,63	-0,64
Jun	-75,08	-79,79	-83,2	Jun	-0,42	-0,45	-0,46
Jul	-73,14	-78,74	-82,74	Jul	-0,41	-0,44	-0,46
Ago	-76,49	-82,55	-86,74	Ago	-0,43	-0,46	-0,48
Sep	-90,32	-93,72	-96,17	Sep	-0,5	-0,52	-0,54
Oct	-121,01	-123,02	-124,46	Oct	-0,68	-0,69	-0,69
Nov	-171,3	-173,06	-174,17	Nov	-0,96	-0,97	-0,97
Dic	-226,57	-228,66	-229,9	Dic	-1,26	-1,28	-1,28
Anual	-1701,4	-1736,75	-1760,77	Anual	-9,5	-9,7	-9,81



3.3.2 Consumo energético

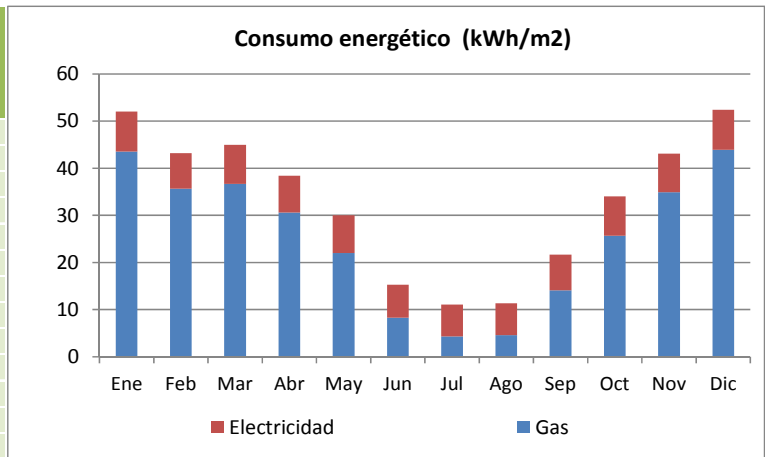
Normal	Electricidad del Espacio (kWh)	Iluminación (kWh)	Ventiladores del Sistema (kWh)	Bombas del Sistema (kWh)	Generación de Calor (Gas) (kWh)	DHW (Gas) (kWh)
Ene	338,71	217,74	485,48	481,06	7598,87	196,1
Feb	306,53	185,13	437,85	431,73	6207,03	177,19
Mar	343,33	177,24	484,38	477,21	6374,36	196,61
Abr	321,84	154,8	468,34	461,82	5286,16	189,12
May	343,33	137,63	484,7	473,56	3737,38	196,61
Jun	331,06	127,03	486,79	317	1288,07	190,14
Jul	334,1	135	514,89	221,44	577,77	195,59
Ago	343,33	148,79	523,97	194,67	617,42	196,61
Sep	326,45	162,67	487,56	380,14	2332,61	189,63
Oct	338,71	191,7	488,35	476	4405,38	196,1
Nov	331,06	205,55	468,72	461,82	6065,4	190,14
Dic	334,1	221,11	485,3	478,12	7667,47	195,59
Anual	3992,55	2064,39	5816,33	4854,57	52157,92	2309,43

Normal	Gas	Electricidad
Ene	7794,97	1522,99
Feb	6384,22	1361,24
Mar	6570,97	1482,16
Abr	5475,28	1406,8
May	3933,99	1439,22
Jun	1478,21	1261,88
Jul	773,36	1205,43
Ago	814,03	1210,76
Sep	2522,24	1356,82
Oct	4601,48	1494,76
Nov	6255,54	1467,15
Dic	7863,06	1518,63
Anual	54467,35	16727,84



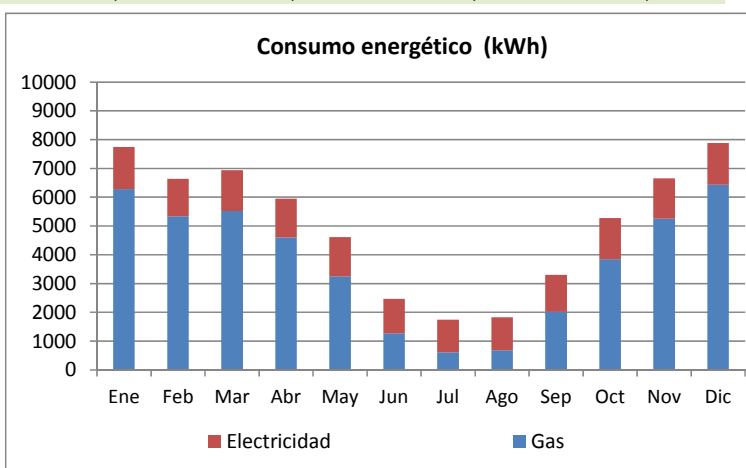
Normal	Electricidad del Espacio (kWh/m2)	Iluminación (kWh/m2)	Ventiladores del Sistema (kWh/m2)	Bombas del Sistema (kWh/m2)	Generación de Calor (Gas) (kWh/m2)	DHW (Gas) (kWh/m2)
Ene	1,89	1,22	2,71	2,69	42,42	1,09
Feb	1,71	1,03	2,44	2,41	34,65	0,99
Mar	1,92	0,99	2,7	2,66	35,58	1,1
Abr	1,8	0,86	2,61	2,58	29,51	1,06
May	1,92	0,77	2,71	2,64	20,86	1,1
Jun	1,85	0,71	2,72	1,77	7,19	1,06
Jul	1,87	0,75	2,87	1,24	3,23	1,09
Ago	1,92	0,83	2,92	1,09	3,45	1,1
Sep	1,82	0,91	2,72	2,12	13,02	1,06
Oct	1,89	1,07	2,73	2,66	24,59	1,09
Nov	1,85	1,15	2,62	2,58	33,86	1,06
Dic	1,87	1,23	2,71	2,67	42,8	1,09
Anual	22,31	11,52	32,46	27,11	291,16	12,89

Normal	Gas	Electricidad
Ene	43,51	8,51
Feb	35,64	7,59
Mar	36,68	8,27
Abr	30,57	7,85
May	21,96	8,04
Jun	8,25	7,05
Jul	4,32	6,73
Ago	4,55	6,76
Sep	14,08	7,57
Oct	25,68	8,35
Nov	34,92	8,2
Dic	43,89	8,48
Anual	304,05	93,4



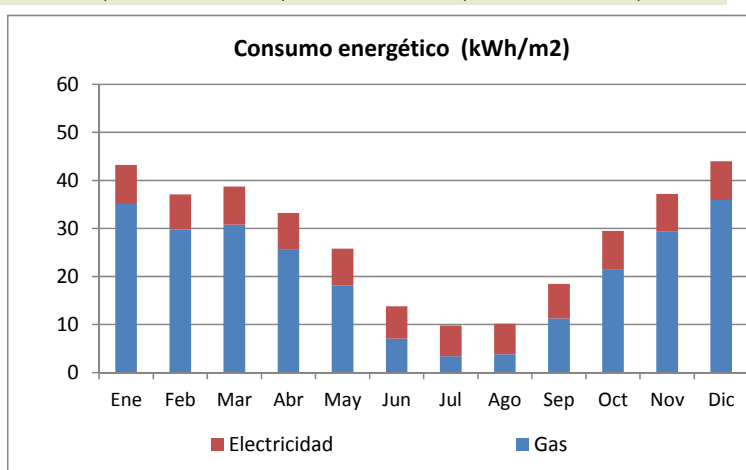
Aislamiento + 3 cm.	Electricidad del Espacio (kWh)	Iluminación (kWh)	Ventiladores del Sistema (kWh)	Bombas del Sistema (kWh)	Generación de Calor (Gas) (kWh)	DHW (Gas) (kWh)
Ene	338,71	217,74	448,04	453,05	6090,49	196,1
Feb	306,53	185,13	404,82	406,9	5159,55	177,19
Mar	343,33	177,24	447,84	450,5	5324,61	196,61
Abr	321,84	154,8	433,29	435,97	4414,25	189,12
May	343,33	137,63	449,55	439,03	3051,98	196,61
Jun	331,06	127,03	456,36	287,86	1076,81	190,14
Jul	334,1	135	485,8	184,43	414,91	195,59
Ago	343,33	148,79	495,67	156,64	481,45	196,61
Sep	326,45	162,67	457,37	339,44	1830,95	189,63
Oct	338,71	191,7	453,32	444,65	3653,98	196,1
Nov	331,06	205,55	433,2	435,97	5063,63	190,14
Dic	334,1	221,11	448,07	450,5	6237,06	195,59
Anual	3992,55	2064,39	5413,33	4484,94	42799,67	2309,43

Aislamiento + 3 cm.	Gas	Electricidad
Ene	6286,59	1457,54
Feb	5336,74	1303,38
Mar	5521,22	1418,91
Abr	4603,37	1345,9
May	3248,59	1369,54
Jun	1266,95	1202,31
Jul	610,5	1139,33
Ago	678,06	1144,43
Sep	2020,58	1285,93
Oct	3850,08	1428,38
Nov	5253,77	1405,78
Dic	6432,65	1453,78
Anual	45109,1	15955,21



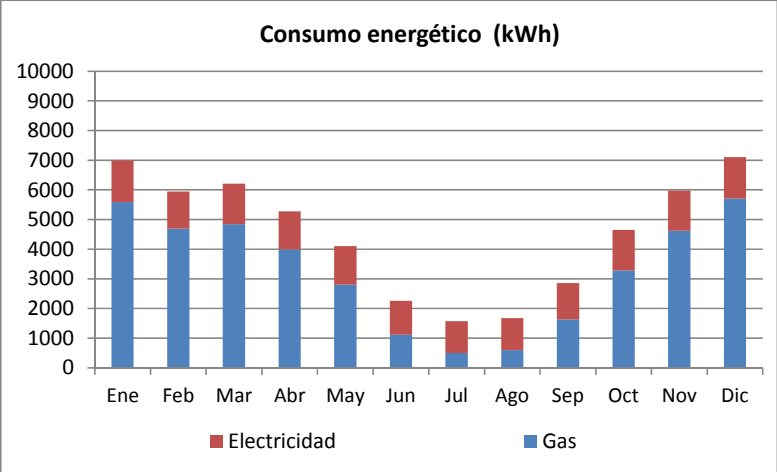
Aislamiento + 3 cm.	Electricidad del Espacio (kWh/m2)	Iluminación (kWh/m2)	Ventiladores del Sistema (kWh/m2)	Bombas del Sistema (kWh/m2)	Generación de Calor (Gas) (kWh/m2)	DHW (Gas) (kWh/m2)
Ene	1,89	1,22	2,5	2,53	34	1,09
Feb	1,71	1,03	2,26	2,27	28,8	0,99
Mar	1,92	0,99	2,5	2,51	29,72	1,1
Abr	1,8	0,86	2,42	2,43	24,64	1,06
May	1,92	0,77	2,51	2,45	17,04	1,1
Jun	1,85	0,71	2,55	1,61	6,01	1,06
Jul	1,87	0,75	2,71	1,03	2,32	1,09
Ago	1,92	0,83	2,77	0,87	2,69	1,1
Sep	1,82	0,91	2,55	1,89	10,22	1,06
Oct	1,89	1,07	2,53	2,48	20,4	1,09
Nov	1,85	1,15	2,42	2,43	28,27	1,06
Dic	1,87	1,23	2,5	2,51	34,82	1,09
Anual	22,31	11,52	30,22	25,01	238,93	12,89

Aislamiento + 3 cm.	Gas	Electricidad
Ene	35,09	8,14
Feb	29,79	7,27
Mar	30,82	7,92
Abr	25,7	7,51
May	18,14	7,65
Jun	7,07	6,72
Jul	3,41	6,36
Ago	3,79	6,39
Sep	11,28	7,17
Oct	21,49	7,97
Nov	29,33	7,85
Dic	35,91	8,11
Anual	251,82	89,06



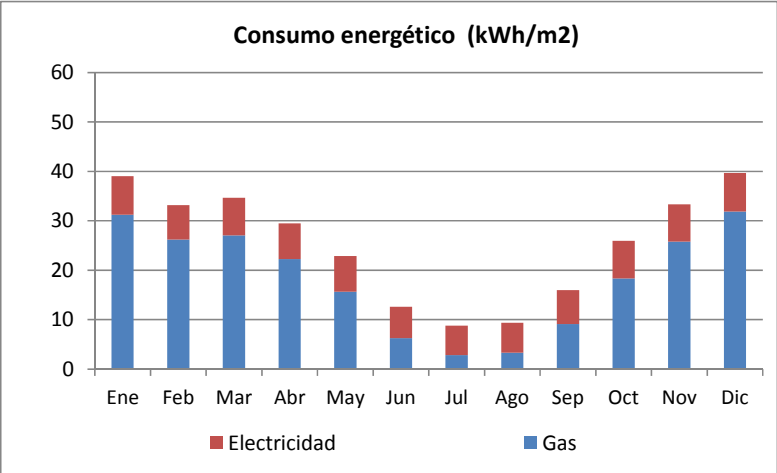
Aislamiento + 6 cm.	Electricidad del Espacio (kWh)	Iluminación (kWh)	Ventiladores del Sistema (kWh)	Bombas del Sistema (kWh)	Generación de Calor (Gas) (kWh)	DHW (Gas) (kWh)
Ene	338,71	217,74	419,1	424,49	5393,67	196,1
Feb	306,53	185,13	378,63	381,79	4514,59	177,19
Mar	343,33	177,24	418,91	422,7	4644,53	196,61
Abr	321,84	154,8	405,62	409,06	3797,3	189,12
May	343,33	137,63	421,55	400,18	2601,97	196,61
Jun	331,06	127,03	429,61	253,91	925,29	190,14
Jul	334,1	135	458,06	142,3	305,93	195,59
Ago	343,33	148,79	468,76	129,46	393,28	196,61
Sep	326,45	162,67	431	304,88	1441,36	189,63
Oct	338,71	191,7	424,98	413,73	3086,21	196,1
Nov	331,06	205,55	405,18	409,06	4434,09	190,14
Dic	334,1	221,11	419,15	422,7	5512,59	195,59
Anual	3992,55	2064,39	5080,55	4114,26	37050,81	2309,43

Aislamiento + 6 cm.	Gas	Electricidad
Ene	5589,77	1400,04
Feb	4691,78	1252,08
Mar	4841,14	1362,18
Abr	3986,42	1291,32
May	2798,58	1302,69
Jun	1115,43	1141,61
Jul	501,52	1069,46
Ago	589,89	1090,34
Sep	1630,99	1225
Oct	3282,31	1369,12
Nov	4624,23	1350,85
Dic	5708,18	1397,06
Anual	39360,24	15251,75



Aislamiento + 6 cm.	Electricidad del Espacio (kWh/m2)	Iluminación (kWh/m2)	Ventiladores del Sistema (kWh/m2)	Bombas del Sistema (kWh/m2)	Generación de Calor (Gas) (kWh/m2)	DHW (Gas) (kWh/m2)
Ene	1,89	1,22	2,34	2,37	30,11	1,09
Feb	1,71	1,03	2,11	2,13	25,2	0,99
Mar	1,92	0,99	2,34	2,36	25,93	1,1
Abr	1,8	0,86	2,26	2,28	21,2	1,06
May	1,92	0,77	2,35	2,23	14,53	1,1
Jun	1,85	0,71	2,4	1,42	5,17	1,06
Jul	1,87	0,75	2,56	0,79	1,71	1,09
Ago	1,92	0,83	2,62	0,72	2,2	1,1
Sep	1,82	0,91	2,41	1,7	8,05	1,06
Oct	1,89	1,07	2,37	2,31	17,23	1,09
Nov	1,85	1,15	2,26	2,28	24,75	1,06
Dic	1,87	1,23	2,34	2,36	30,77	1,09
Anual	22,31	11,52	28,36	22,95	206,85	12,89

Aislamiento + 6 cm.	Gas	Electricidad
Ene	31,2	7,82
Feb	26,19	6,98
Mar	27,03	7,61
Abr	22,26	7,2
May	15,63	7,27
Jun	6,23	6,38
Jul	2,8	5,97
Ago	3,3	6,09
Sep	9,11	6,84
Oct	18,32	7,64
Nov	25,81	7,54
Dic	31,86	7,8
Anual	219,74	85,14



La siguiente tabla y las gráficas de la siguiente página sintetizan los consumos energéticos expuestos en las hojas anteriores.

Como puede observarse, el aumento global de 3 cm. de aislamiento produce un ahorro energético de **10.130,88 KWh** -de los cuales 9.358,25 KWh se deben al ahorro en gas y 772,63 en electricidad-.

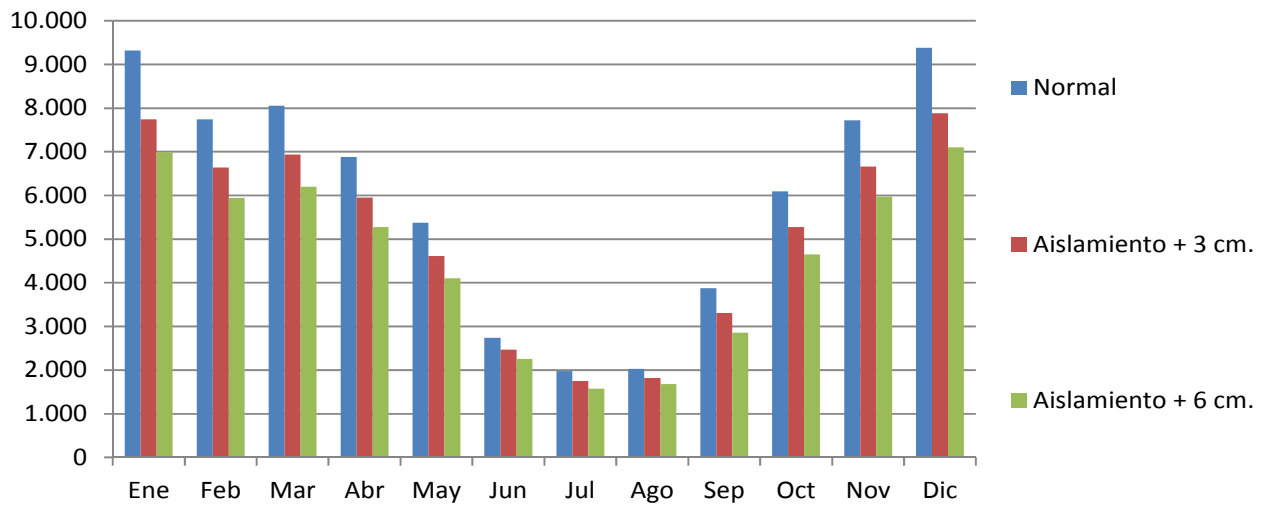
A su vez, un aumento de 6 cm. produce un ahorro de **16.583,20 kWh** – 15.107,11 en gas y 1.476,09 en electricidad-.

consumo energético total (kWh)	Normal		Aislamiento + 3 cm.		Aislamiento + 6 cm.	
	Gas	Electricidad	Gas	Electricidad	Gas	Electricidad
Ene	7.794,97	1.522,99	6.286,59	1.457,54	5.589,77	1.400,04
Feb	6.384,22	1.361,24	5.336,74	1.303,38	4.691,78	1.252,08
Mar	6.570,97	1.482,16	5.521,22	1.418,91	4.841,14	1.362,18
Abr	5.475,28	1.406,80	4.603,37	1.345,90	3.986,42	1.291,32
May	3.933,99	1.439,22	3.248,59	1.369,54	2.798,58	1.302,69
Jun	1.478,21	1.261,88	1.266,95	1.202,31	1.115,43	1.141,61
Jul	773,36	1.205,43	610,50	1.139,33	501,52	1.069,46
Ago	814,03	1.210,76	678,06	1.144,43	589,89	1.090,34
Sep	2.522,24	1.356,82	2.020,58	1.285,93	1.630,99	1.225,00
Oct	4.601,48	1.494,76	3.850,08	1.428,38	3.282,31	1.369,12
Nov	6.255,54	1.467,15	5.253,77	1.405,78	4.624,23	1.350,85
Dic	7.863,06	1.518,63	6.432,65	1.453,78	5.708,18	1.397,06
Anual	54.467,35	16.727,84	45.109,10	15.955,21	39.360,24	15.251,75
TOTAL	71.195,19		61.064,31		54.611,99	
Ahorro			9.358,25	772,63	15.107,11	1.476,09
TOTAL			10.130,88		16.583,20	

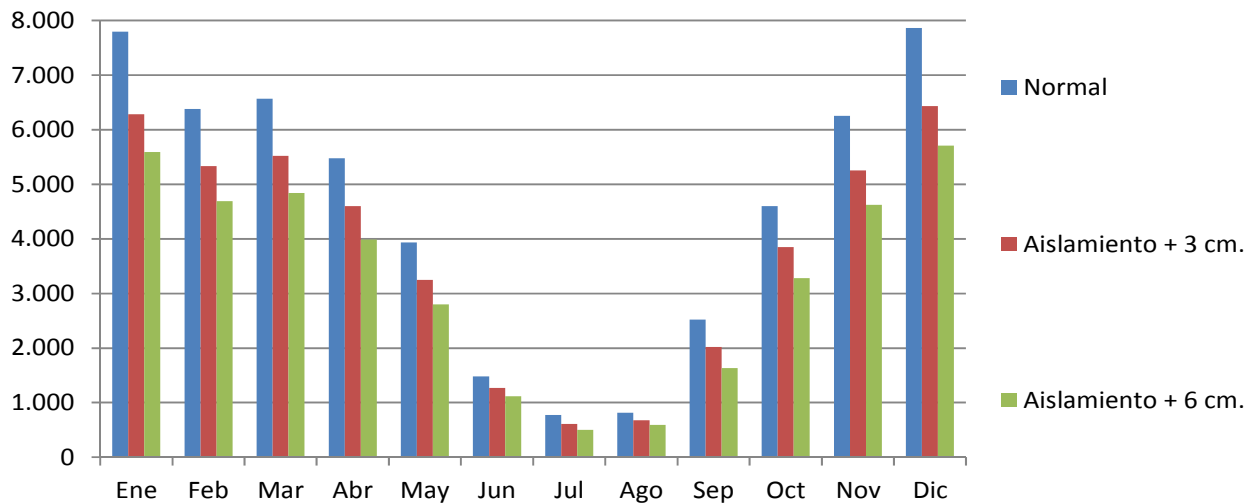
Para contabilizar el ahorro económico, nos ajustaremos a los precios indicados por la Comisión Nacional de Energía (<http://www.comparador.cne.es>), tanto para la electricidad como para el gas.

Así, el ahorro aproximado producido por el aumento global de 3 cm. de aislamiento es de **1450 €** -1300 € en gas y 150 € en electricidad-, y el producido por el aumento de 6 cm. es de **1980 €** -1700 € en gas y 280 € en electricidad-.

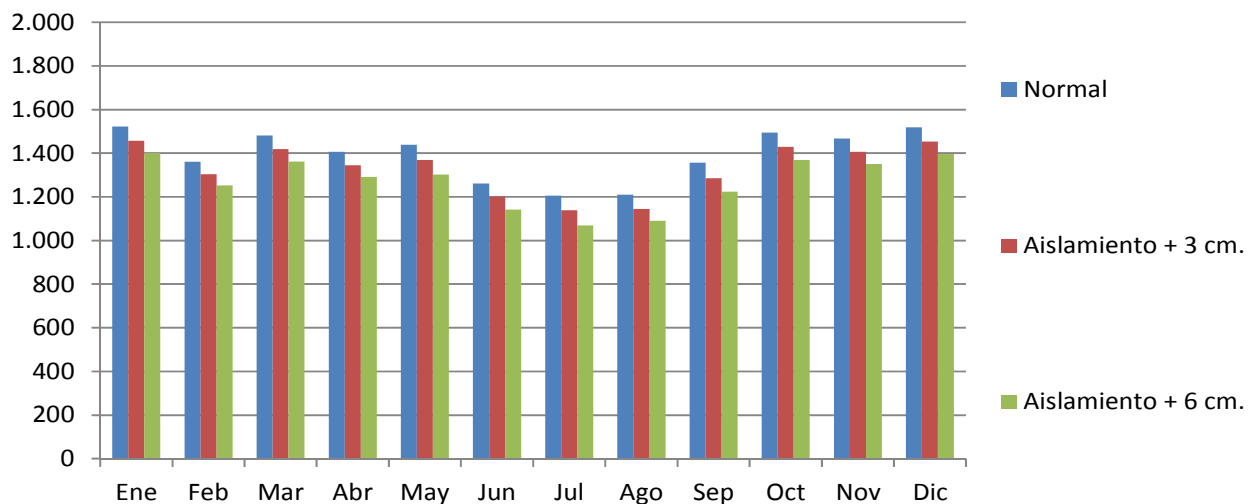
comparativa consumo energético total (kWh)



comparativa consumo energético gas (kWh)



comparativa consumo energético electricidad (kWh)



4 Ventilación natural

La ventilación es una estrategia muy importante en el funcionamiento bioclimático de un edificio, no sólo para la renovación de aire sino también para refrigerar en épocas calurosas.

El primer análisis a realizar cuando se estudia la ventilación natural es la influencia del entorno inmediato del edificio, que puede menguar la efectividad de una estrategia adecuada al producirse sombras de viento o aceleraciones y turbulencias de aire molestas para las personas.

Considerando la inexistencia actual de edificación circundante, el análisis se centra en el estudio del comportamiento exterior del edificio con el viento, para determinar si existen partes del edificio con gran impacto de viento, sombras de viento o zonas donde se produce una aceleración excesiva del viento debida a estrechamientos.

4.1 Aerodinámica del edificio

Con el objetivo de proporcionar uniformidad al estudio, se ha decidido realizar el análisis de todos los aspectos relacionados con el comportamiento del edificio para un día típico de agosto, al considerarse que es el periodo en el que la ventilación natural puede ser más determinante para su comportamiento bioclimático.

Los valores de velocidad y dirección del viento que se utilizan para el estudio se extraen del análisis del clima realizado en el apartado 1.

Orient/Mes	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Media
North	42	40	34	30	22	26	23	20	24	28	33	35	29,8
NorthEast	10	10	8	13	13	9	10	12	9	13	15	11	11,1
East	3	2	3	5	3	1	3	5	6	4	4	4	3,6
SouthEast	3	2	4	8	8	16	1	10	9	5	7	3	6,3
South	3	4	10	10	13	13	16	4	13	9	3	4	8,5
SouthWest	6	8	11	12	13	15	8	14	18	12	13	6	11,3
West	10	10	10	13	14	4	15	21	5	12	8	14	11,3
NorthWest	24	24	20	9	14	17	24	14	17	18	19	23	18,6

Figura 100. Porcentajes mes a mes de los vientos dominantes en función de la orientación.

Hora/Mes	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
0 a 1	2,3	2,3	3,2	2,4	2,2	2,7	2,7	3,1	3,0	2,3	2,3	2,3
1 a 2	2,1	2,2	3,2	2,1	2,1	2,5	2,9	2,8	2,8	2,2	2,3	2,5
2 a 3	2,1	2,2	3,3	2,3	2,3	2,2	3,1	2,9	2,6	2,3	2,5	2,7
3 a 4	1,9	2,4	2,9	2,2	2,0	2,1	3,0	3,3	2,5	2,2	2,3	2,6
4 a 5	2,0	2,4	3,0	2,1	2,1	2,3	2,8	3,4	2,6	2,6	2,3	2,3
5 a 6	1,9	2,5	2,7	2,2	2,3	2,3	2,7	2,9	2,7	3,0	2,5	2,3
6 a 7	1,9	2,6	2,3	2,4	2,4	2,4	2,5	2,5	2,3	3,2	2,7	1,9
7 a 8	1,8	2,9	2,4	2,5	2,3	2,5	2,7	2,6	2,1	3,3	2,7	1,8
8 a 9	1,8	2,9	2,7	2,5	2,4	2,6	3,0	2,5	2,3	2,8	2,6	2,2
9 a 10	1,9	2,6	2,3	2,6	2,6	2,6	3,2	2,3	1,9	3,0	2,6	2,5
10 a 11	1,8	2,8	2,4	2,5	2,5	2,6	3,2	2,6	2,1	3,3	2,6	2,4
11 a 12	1,7	2,7	2,3	2,4	2,5	2,6	3,3	2,7	2,4	3,1	2,4	2,2
12 a 13	2,0	2,5	2,4	2,5	2,3	2,5	3,4	3,0	2,0	3,3	2,4	2,2
13 a 14	2,0	2,6	2,5	2,5	2,4	2,4	3,7	3,3	2,4	3,1	2,6	2,0
14 a 15	2,1	2,6	2,6	2,5	2,4	2,3	3,5	3,1	3,3	3,2	2,5	1,9
15 a 16	2,1	2,8	2,7	2,4	2,4	2,4	3,5	3,0	3,0	2,9	2,5	1,9
16 a 17	2,0	2,7	3,0	2,5	2,4	2,4	3,4	2,9	2,9	3,0	2,7	2,1
17 a 18	2,5	2,6	3,0	2,5	2,4	2,5	3,4	2,9	2,9	3,0	2,5	2,1
18 a 19	2,5	2,6	3,1	2,5	2,2	2,7	3,2	2,9	3,0	2,9	2,5	2,1
19 a 20	2,3	2,8	3,2	2,3	2,0	2,8	3,3	3,1	3,3	2,5	2,4	2,1
20 a 21	2,1	2,7	3,4	2,4	1,8	2,7	2,9	3,5	3,2	2,2	2,5	2,0
21 a 22	2,0	2,6	3,4	2,5	1,9	2,9	2,9	3,2	3,2	2,0	2,3	2,0
22 a 23	2,1	2,6	3,3	2,4	1,8	2,9	2,9	3,1	2,7	2,2	2,3	2,1
23 a 24	2,0	2,4	3,4	2,4	2,1	2,8	2,9	2,9	2,8	2,3	2,2	2,2
Promedio	2,0	2,6	2,9	2,4	2,2	2,5	3,1	2,9	2,7	2,7	2,5	2,2

Figura 101. Estadística de las medias horarias de la velocidad del viento (m/s).

La velocidad promedio para un día típico de agosto es de 2,9 m/s, eligiéndose como orientación de estudio un viento de Noroeste, al producirse el 55% del tiempo en agosto vientos en orientaciones Norte, Noroeste y Oeste.

Las siguientes imágenes muestran el efecto que dicho viento produce sobre el edificio:

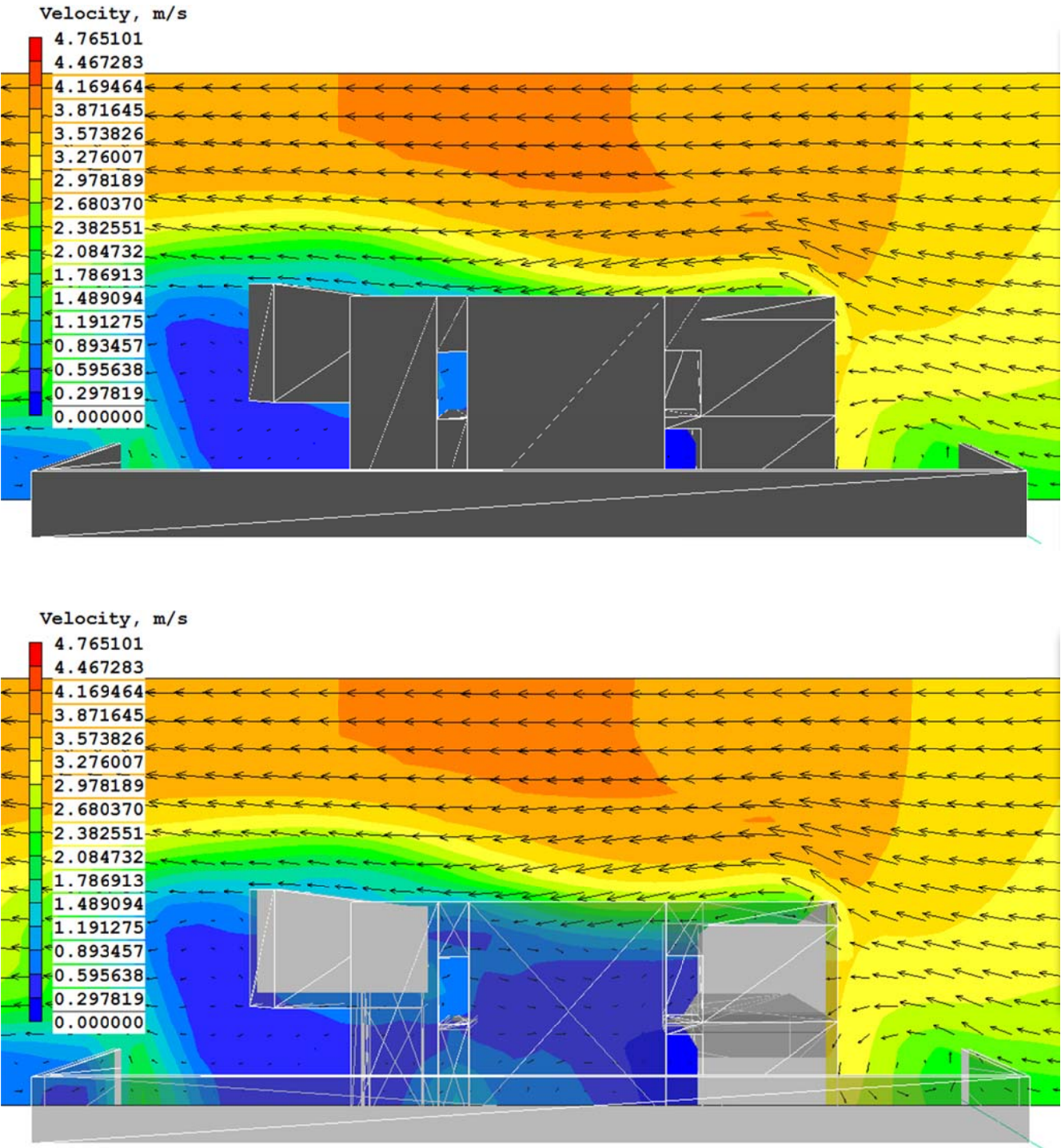


Figura 102. Perfiles de velocidades del viento (m/s).

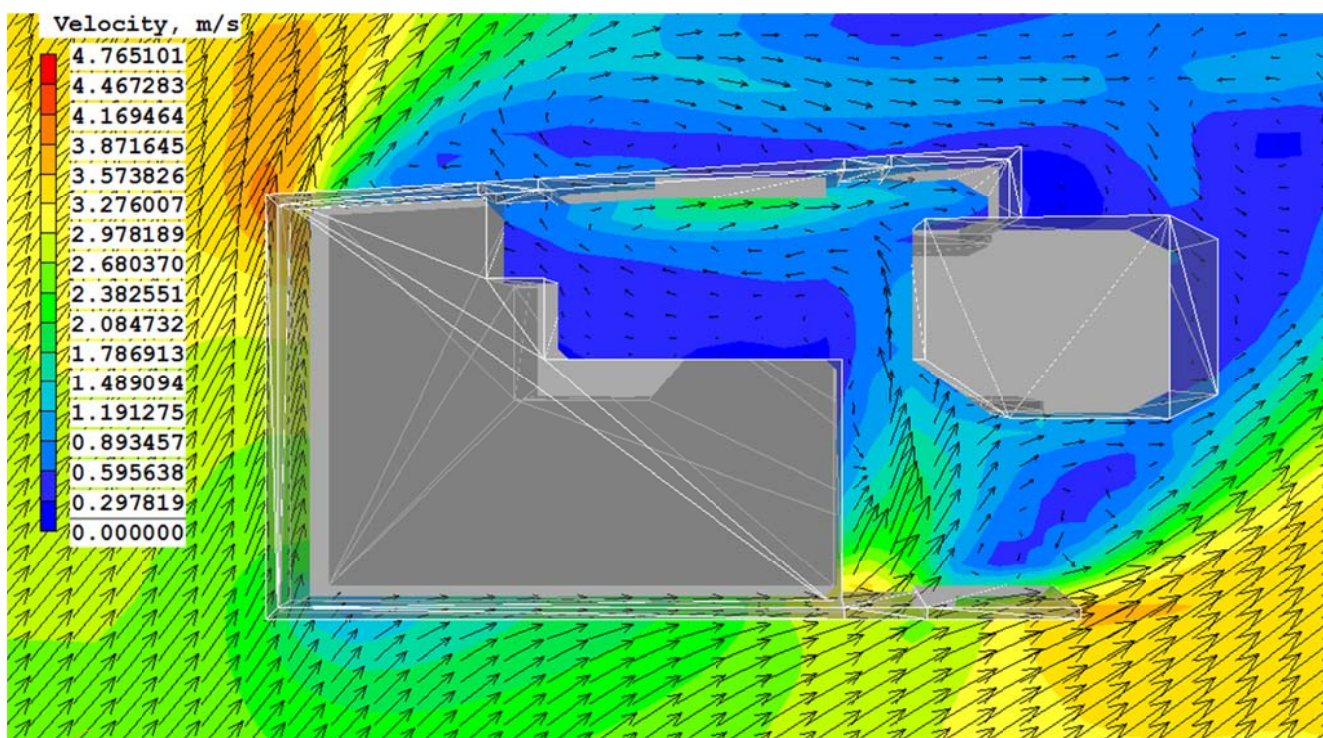
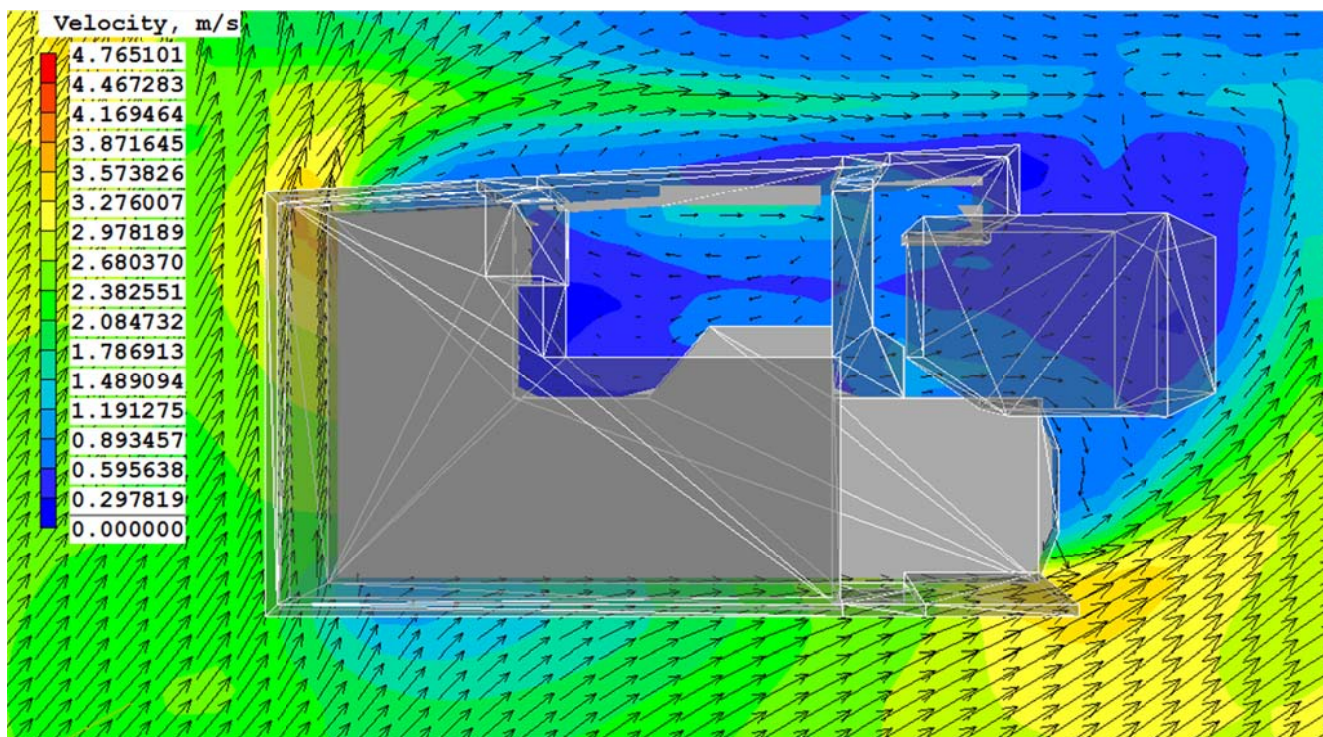


Figura 103. Velocidades del viento (m/s) en planta a una altura de 1,5 y de 4 metros.

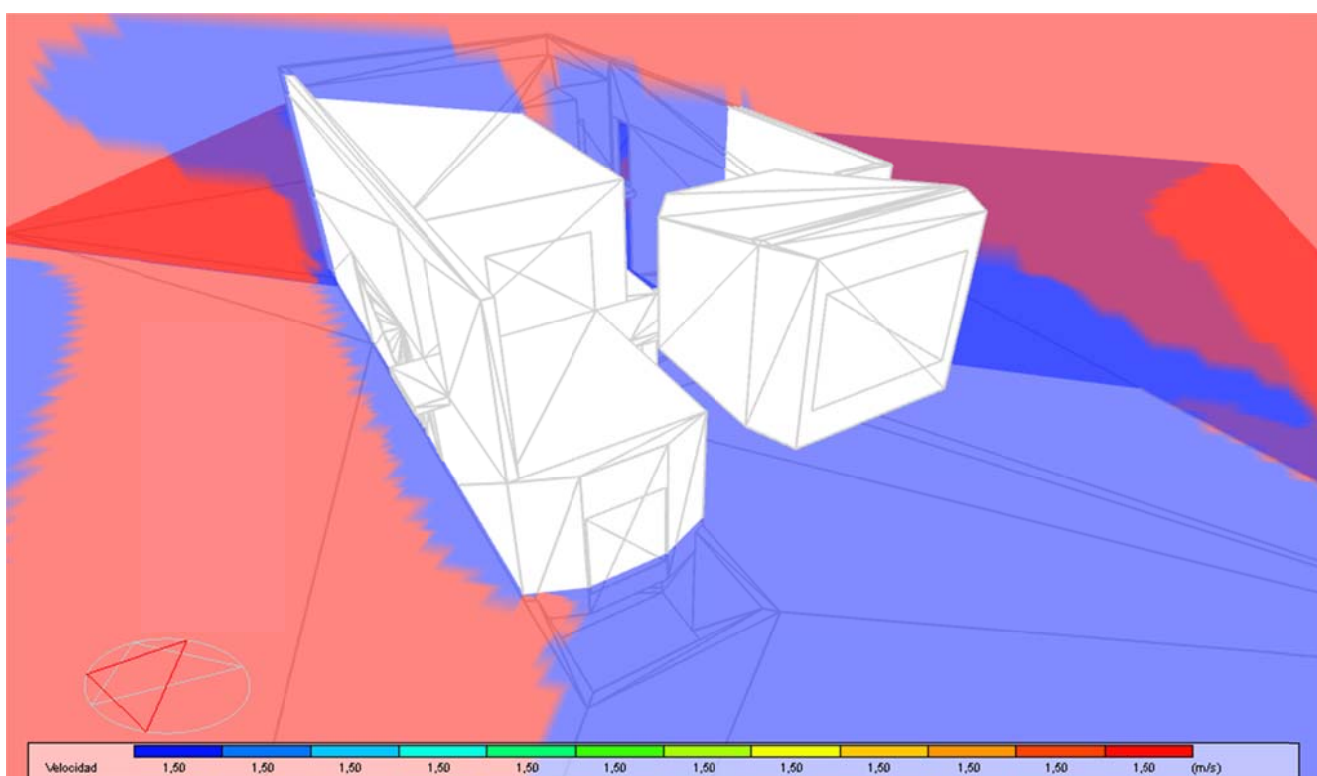
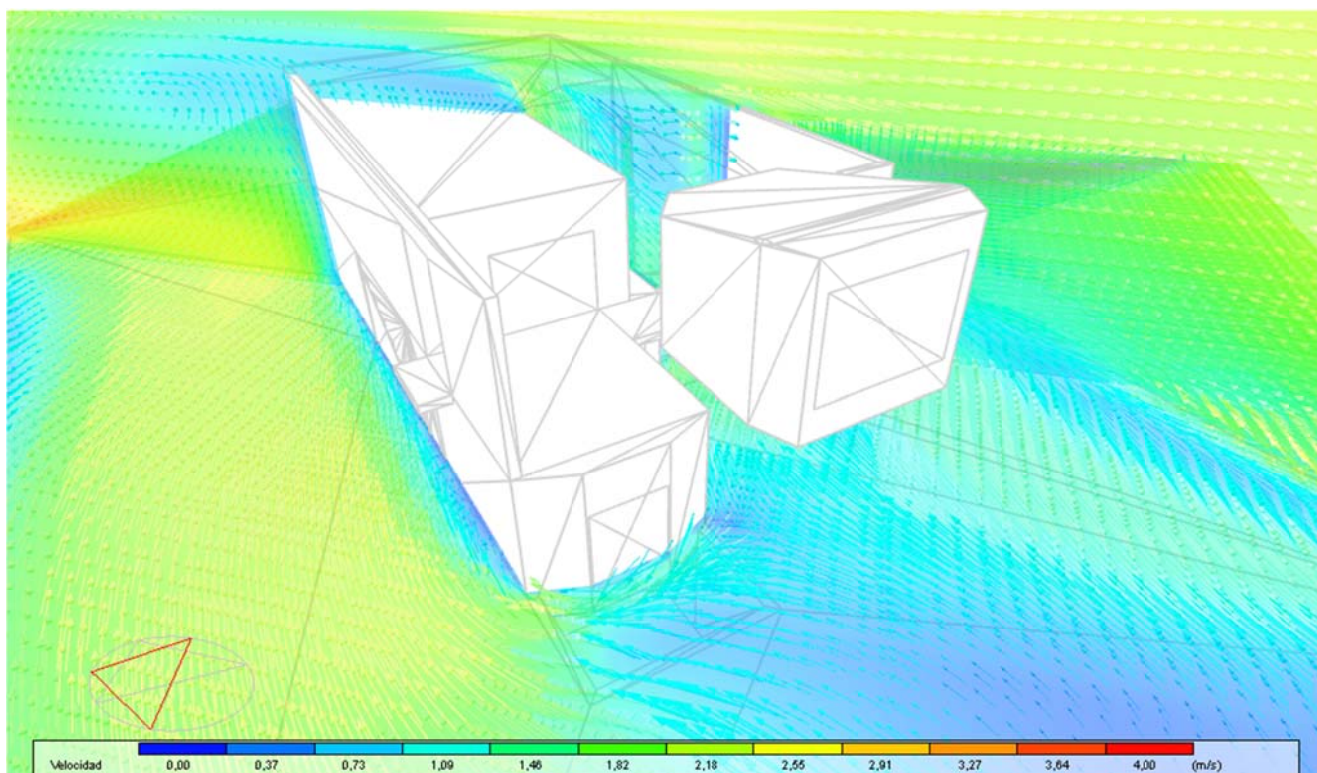


Figura 104. Velocidades del viento (m/s). Plano horizontal a nivel del suelo y sección por el patio. En la imagen inferior, áreas con velocidades inferiores a 1,5 m/s en azul y superiores en rojo.

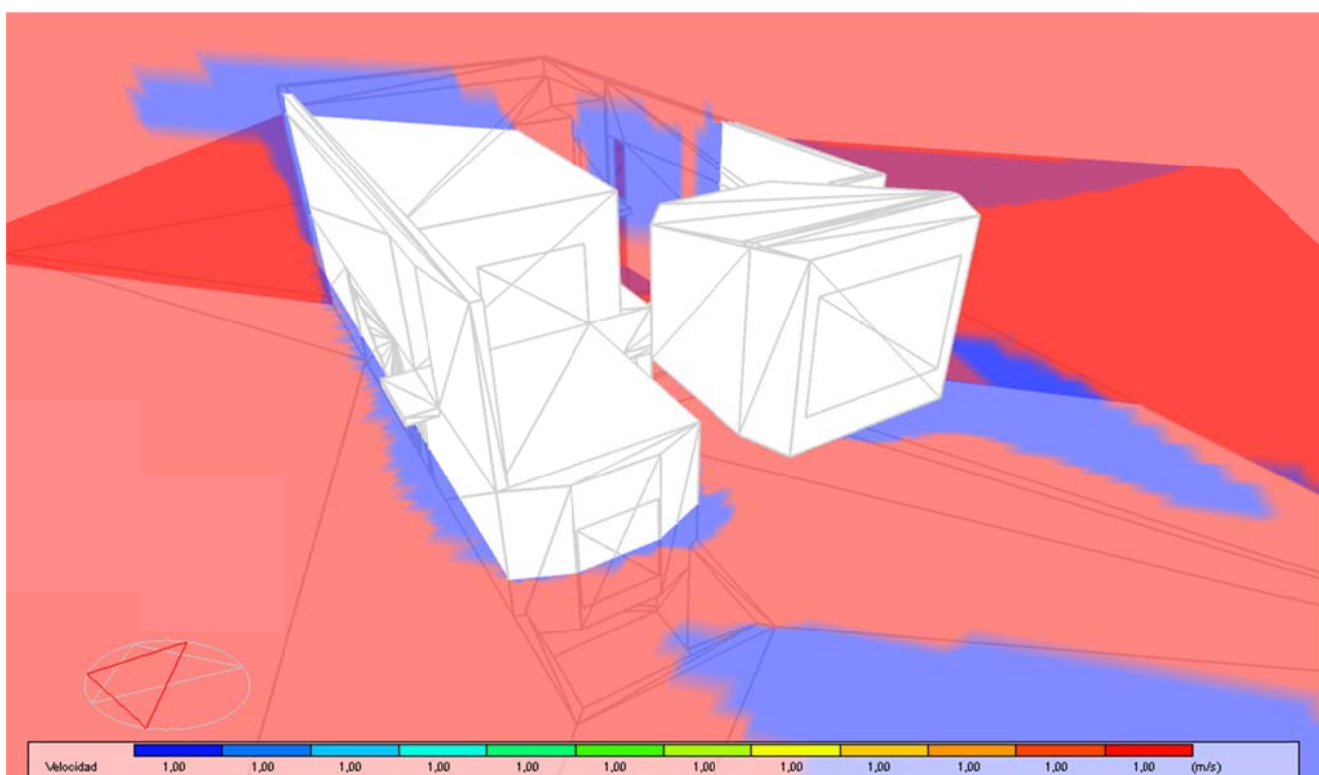
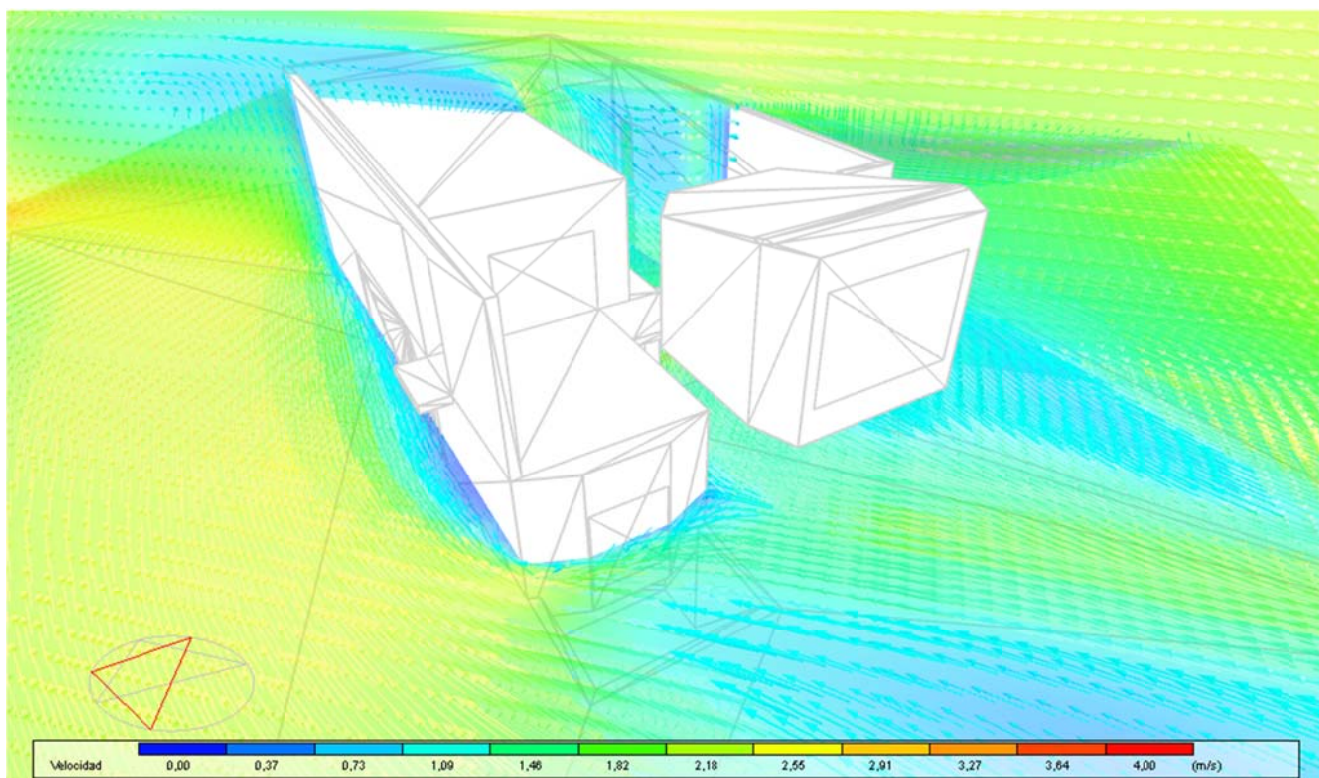


Figura 105. Velocidades del viento (m/s). Plano horizontal a una altura de 1.5 m. y sección por el patio. En la imagen inferior, áreas con velocidades inferiores a 1,5 m/s en azul y superiores en rojo.

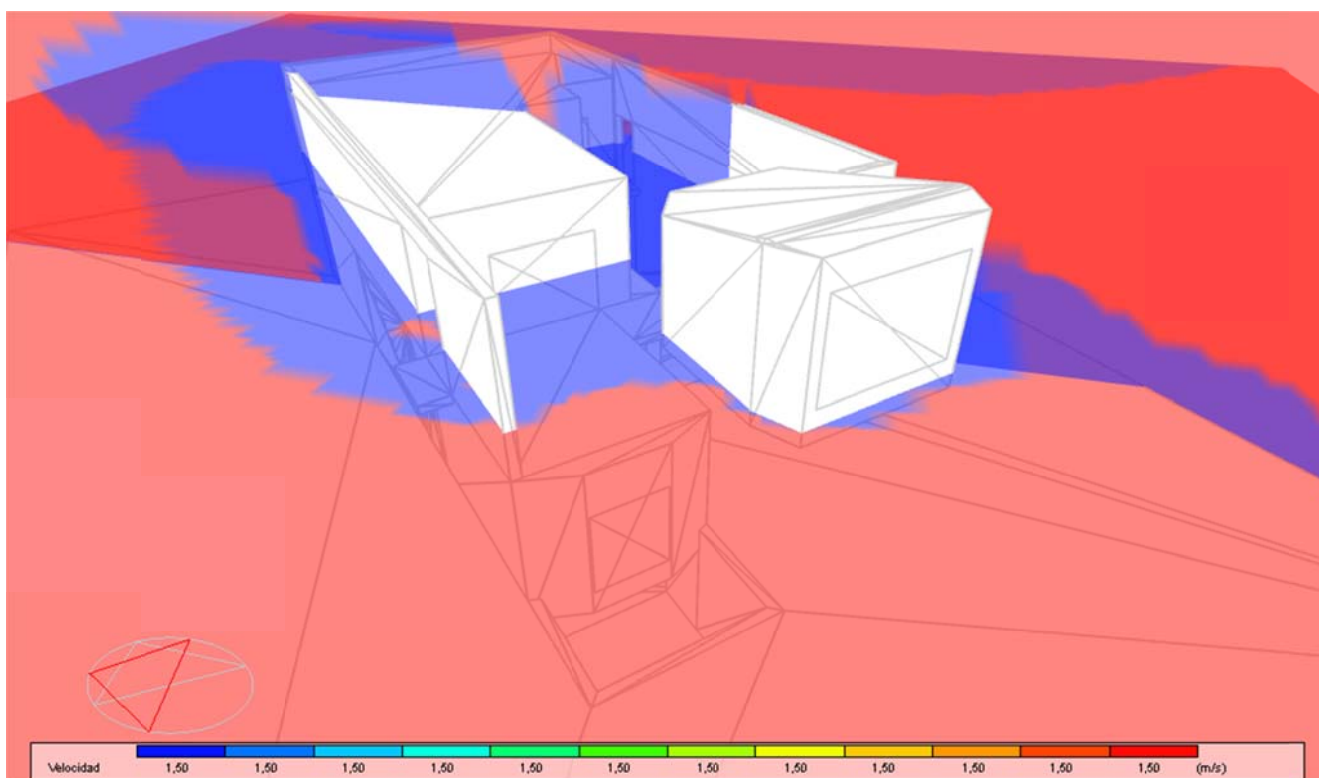
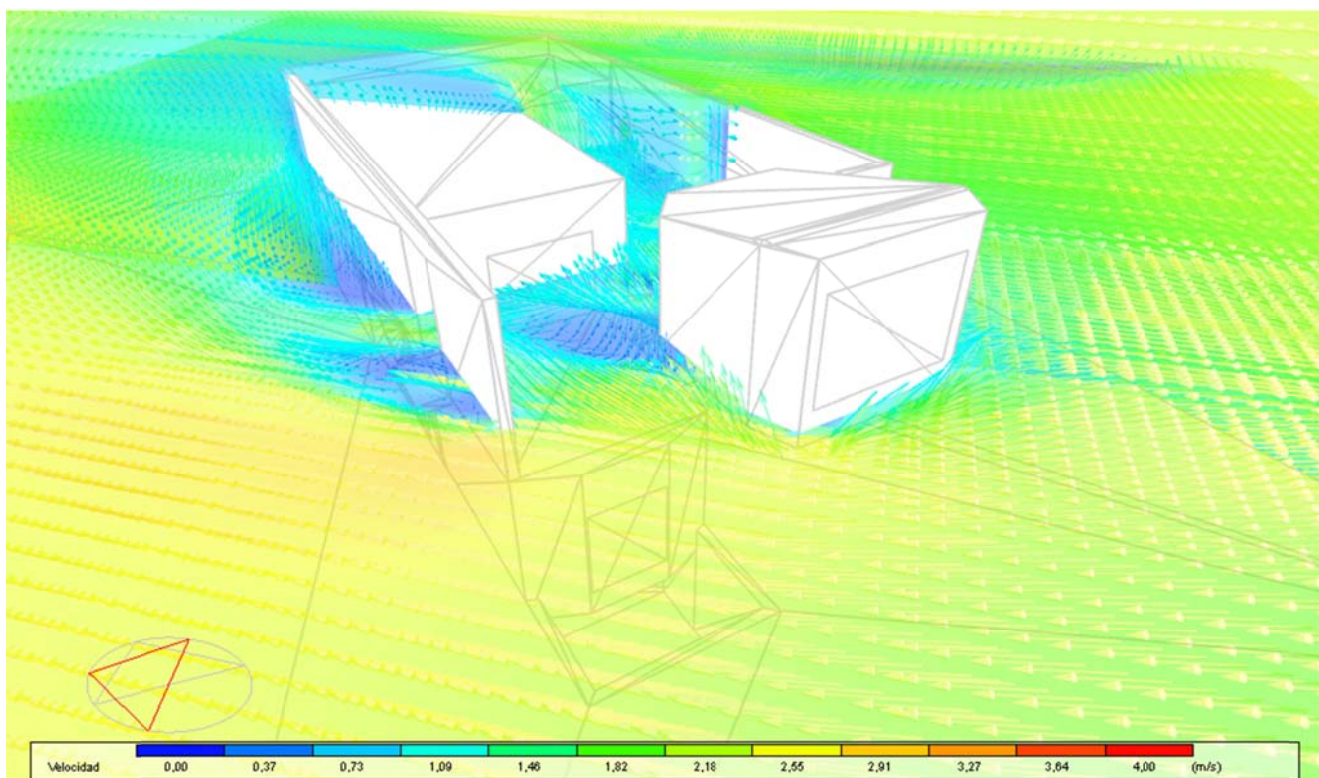


Figura 105. Velocidades del viento (m/s). Plano horizontal a una altura de 4 m. y sección por el patio. En la imagen inferior, áreas con velocidades inferiores a 1,5 m/s en azul y superiores en rojo.

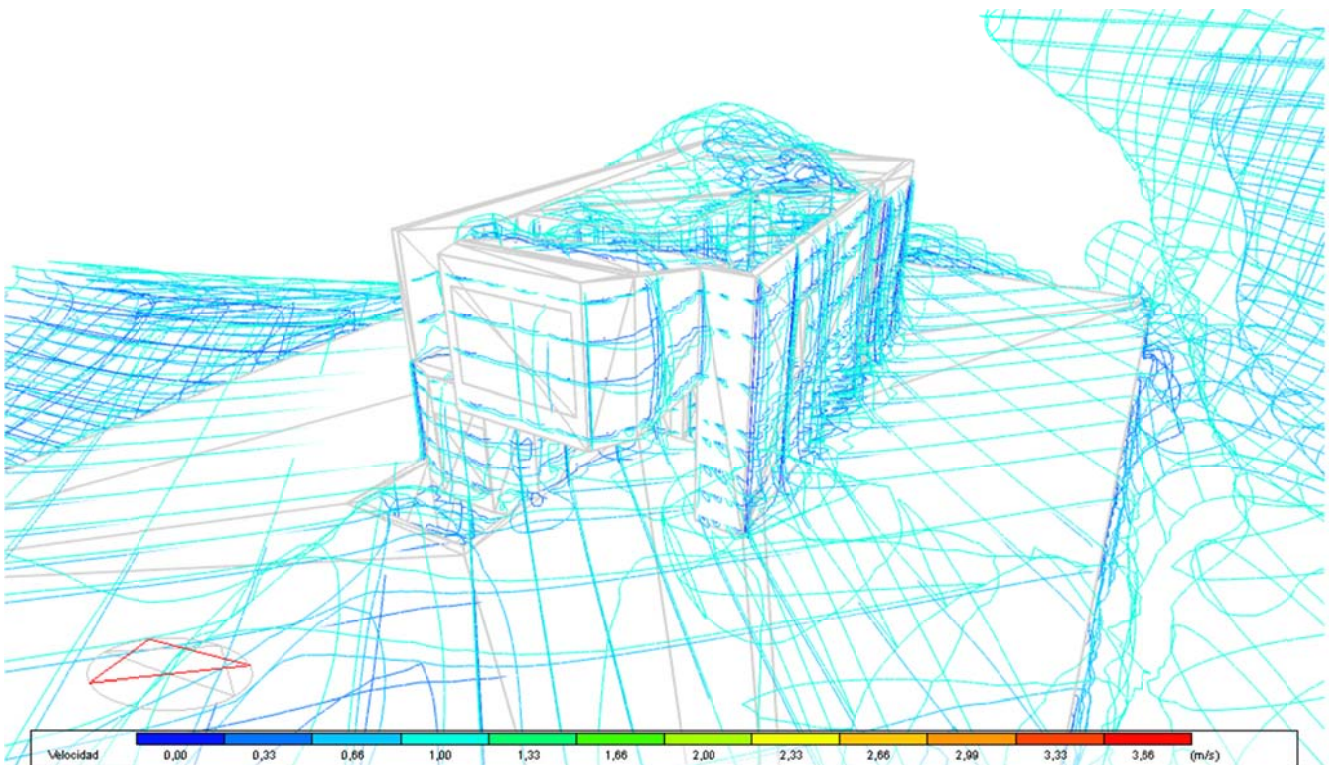
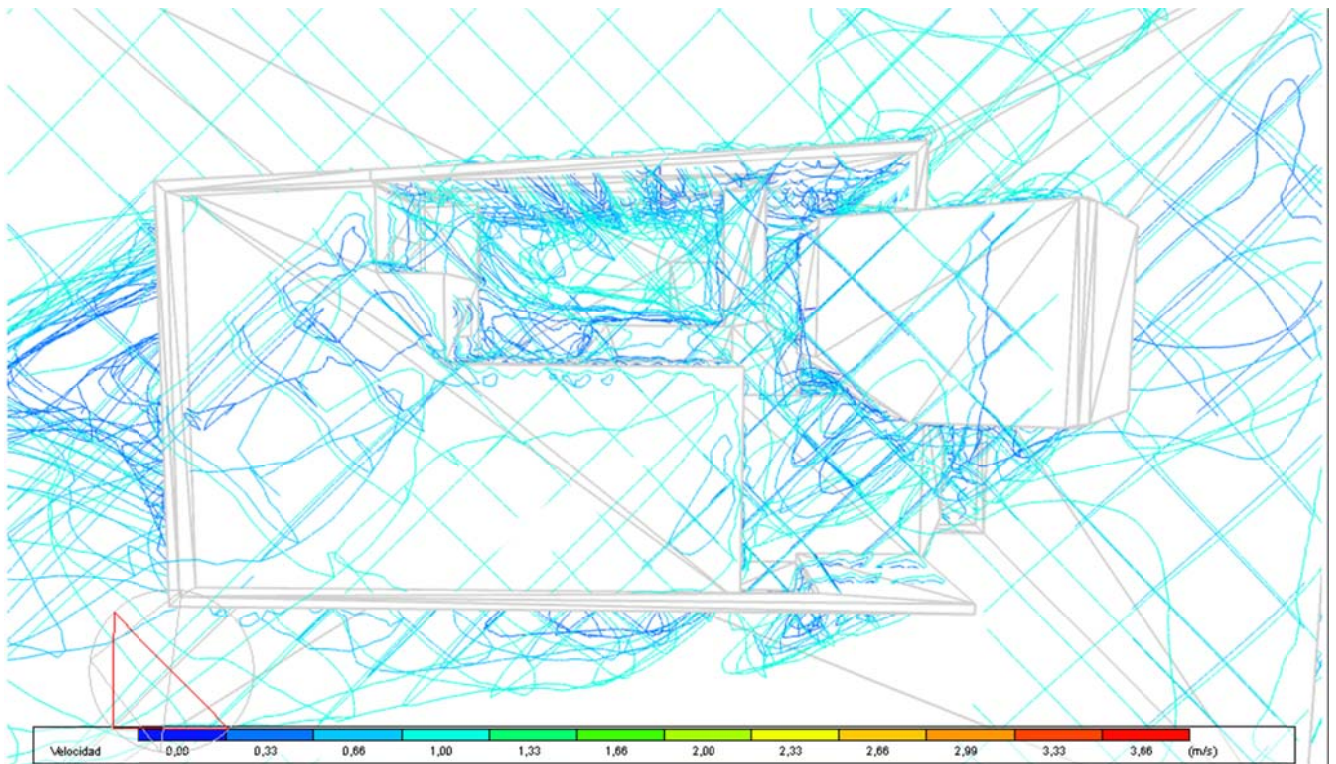


Figura 106. Velocidades del viento inferiores a 1 m/s. Contornos tridimensionales.

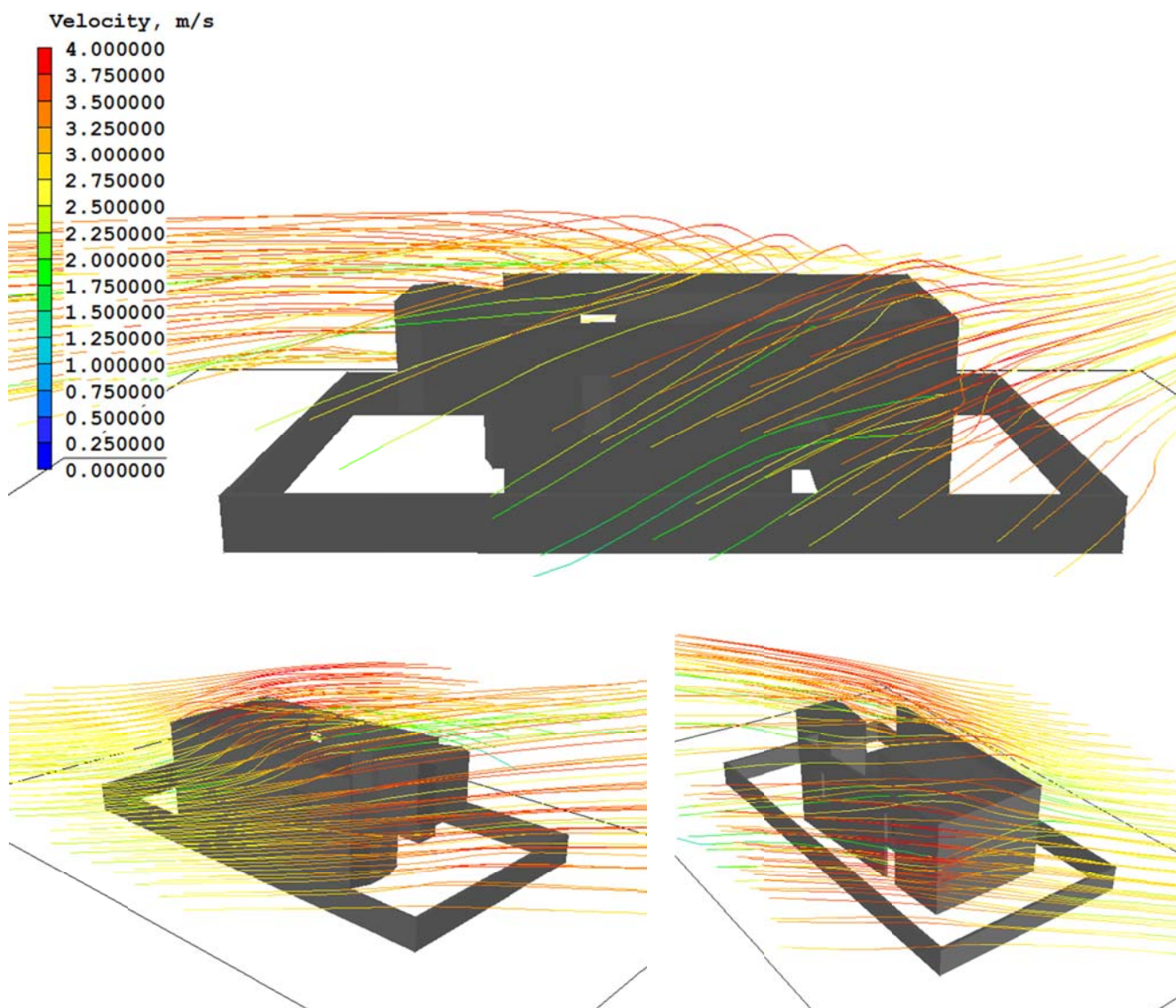


Figura 107. Velocidades del viento (m/s). Líneas de flujo.

Además del análisis de las velocidades del viento, es necesario el estudio de las zonas del edificio con mayor impacto del viento.

Las siguientes imágenes muestran la presión medida en pascales (Pa) que el viento ejerce sobre las distintas superficies ($1\text{Pa} = 1\text{N/m}^2 = 1\text{kg/m.s}^2$).

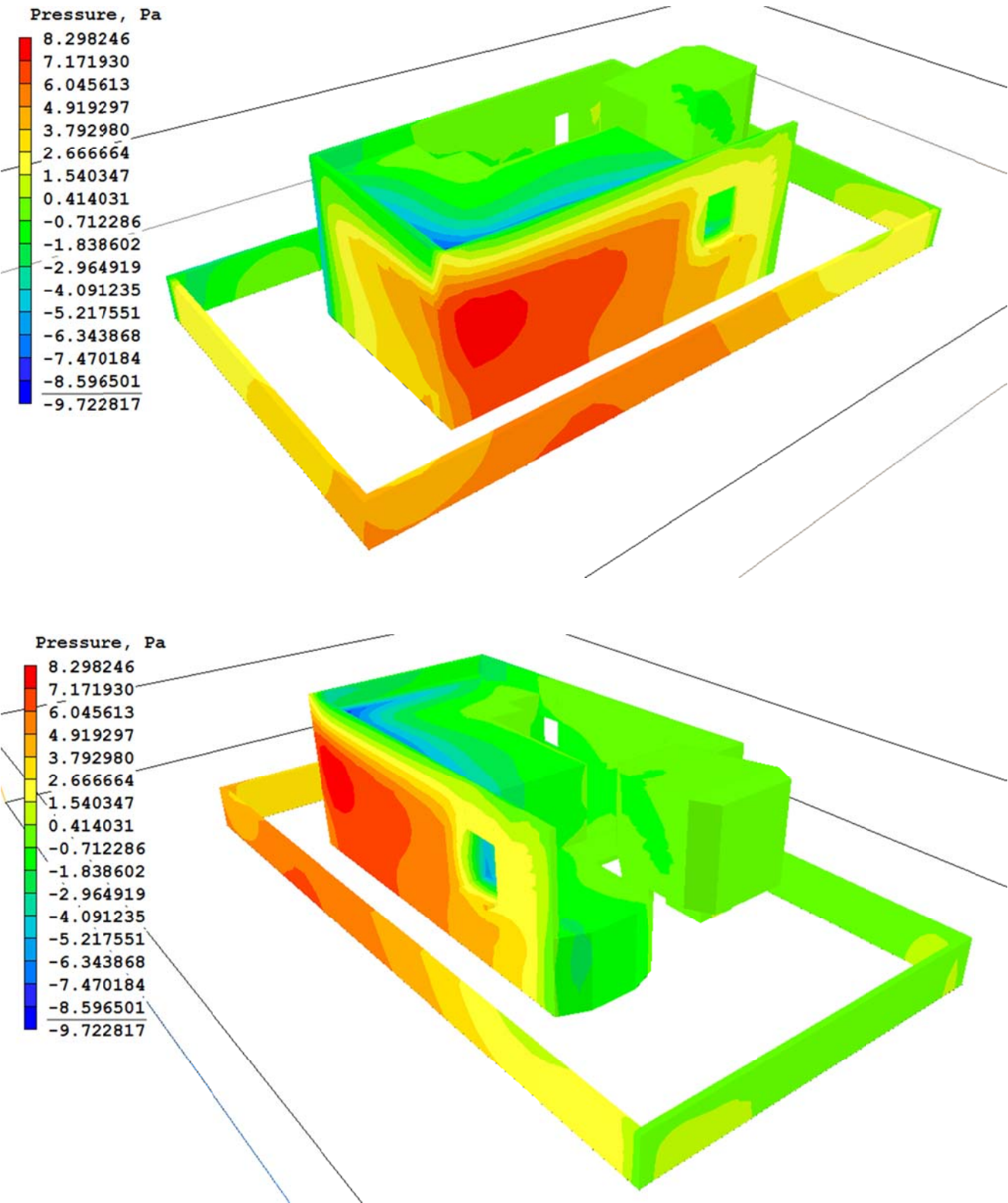


Figura 107. Velocidades del viento (m/s). Líneas de flujo.

4.2 Análisis interior

Una vez realizado el análisis exterior, se procede a analizar los efectos de la ventilación natural en las distintas estancias de la vivienda.

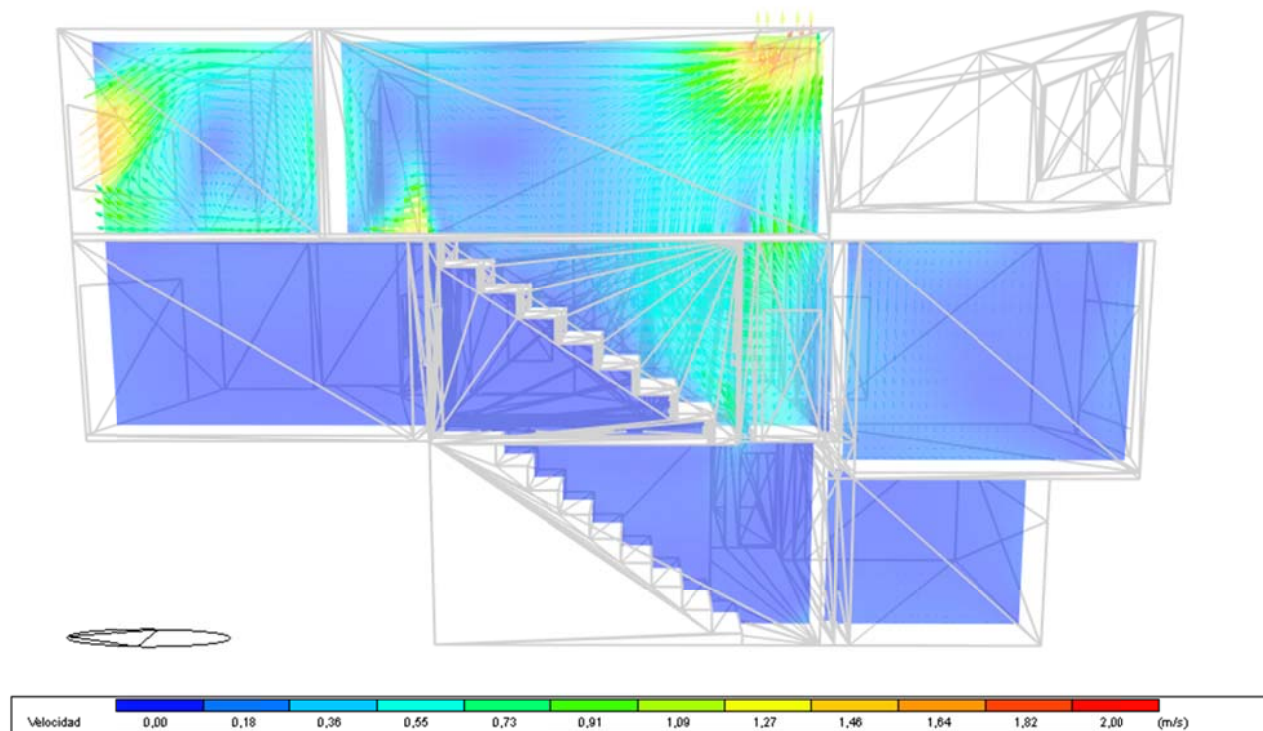
Como se han indicado anteriormente, además de producir la renovación del aire interior, la ventilación natural también posee un papel muy importante en la refrigeración en épocas calurosas. Por ello, se ha estudiado el efecto que produce en las principales estancias de la vivienda (salón, cocina-comedor, distribuidores en planta baja y planta primera, dormitorio principal y dormitorio-estudio) para una hora concreta de un día típico de verano.

La imagen de la sección (Figura 108) muestra perfectamente el efecto de tiro que se produce en la escalera, gracias a la ventana existente en la cubierta, así como la entrada de aire en la ventana norte del dormitorio/estudio, debido principalmente a su orientación norte y al estar situada en la zona preferente de impacto del viento.

Las imágenes de las siguientes páginas muestran el comportamiento del aire en la planta baja (Figura 109) y planta primera (Figura 110).

Las velocidades se han calculado para el plano vertical de la escalera y los planos horizontales de ambas plantas, situados a 1,5 metros de altura.

- Planta baja: velocidad promedio = 0,126 m/s
velocidad máxima = 3,911 m/s
- Planta 1ª: velocidad promedio = 0,236 m/s
velocidad máxima = 2,591 m/s
- Sección: velocidad promedio = 0,199 m/s
velocidad máxima = 1,672 m/s



En estas imágenes de la planta baja se observa a su vez el recorrido del aire desde las ventanas del salón y de la cocina hacia la escalera.

La simulación prevé que se encuentran cerradas las puertas exteriores, la del garaje y la del aseo, así como una de las ventanas de la cocina. A su vez, las ventanas al patio del salón y del distribuidor no son operables.

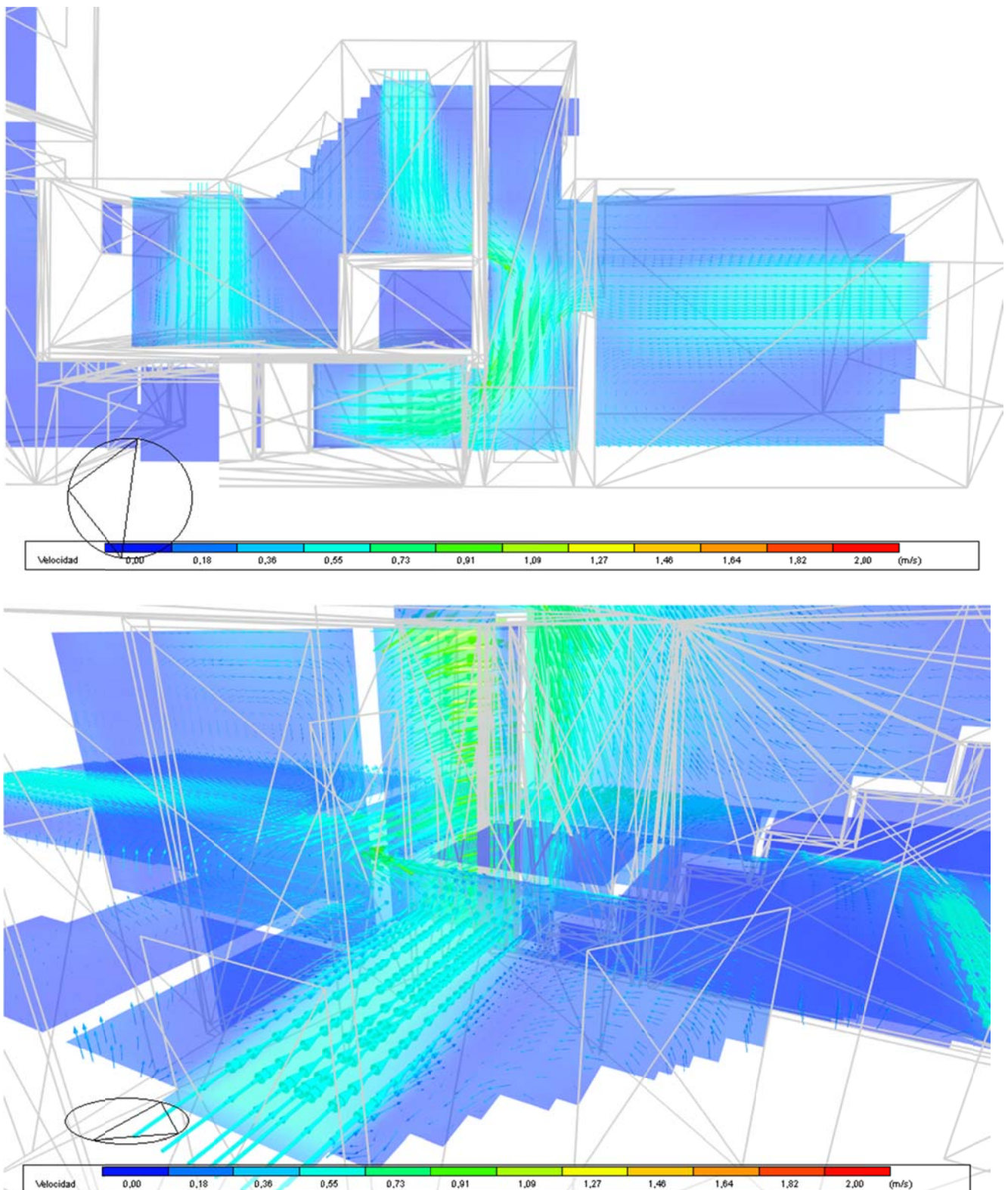


Figura 109. Velocidades del viento (m/s). Planta baja y detalle de la cocina.

En estas otras imágenes de la primera planta se observa nuevamente como el aire entra por la ventana norte del dormitorio /estudio, saliendo por la ventana del dormitorio principal y las ventanas del distribuidor y de la escalera en cubierta. La simulación prevé que las puertas del dormitorio de los niños y los baños están cerradas, así como sus ventanas.

La imagen inferior reproduce un detalle del comportamiento del aire en el dormitorio principal, donde la ventana, formada por tres partes correderas, se encuentran situadas en la trayectoria principal del aire.

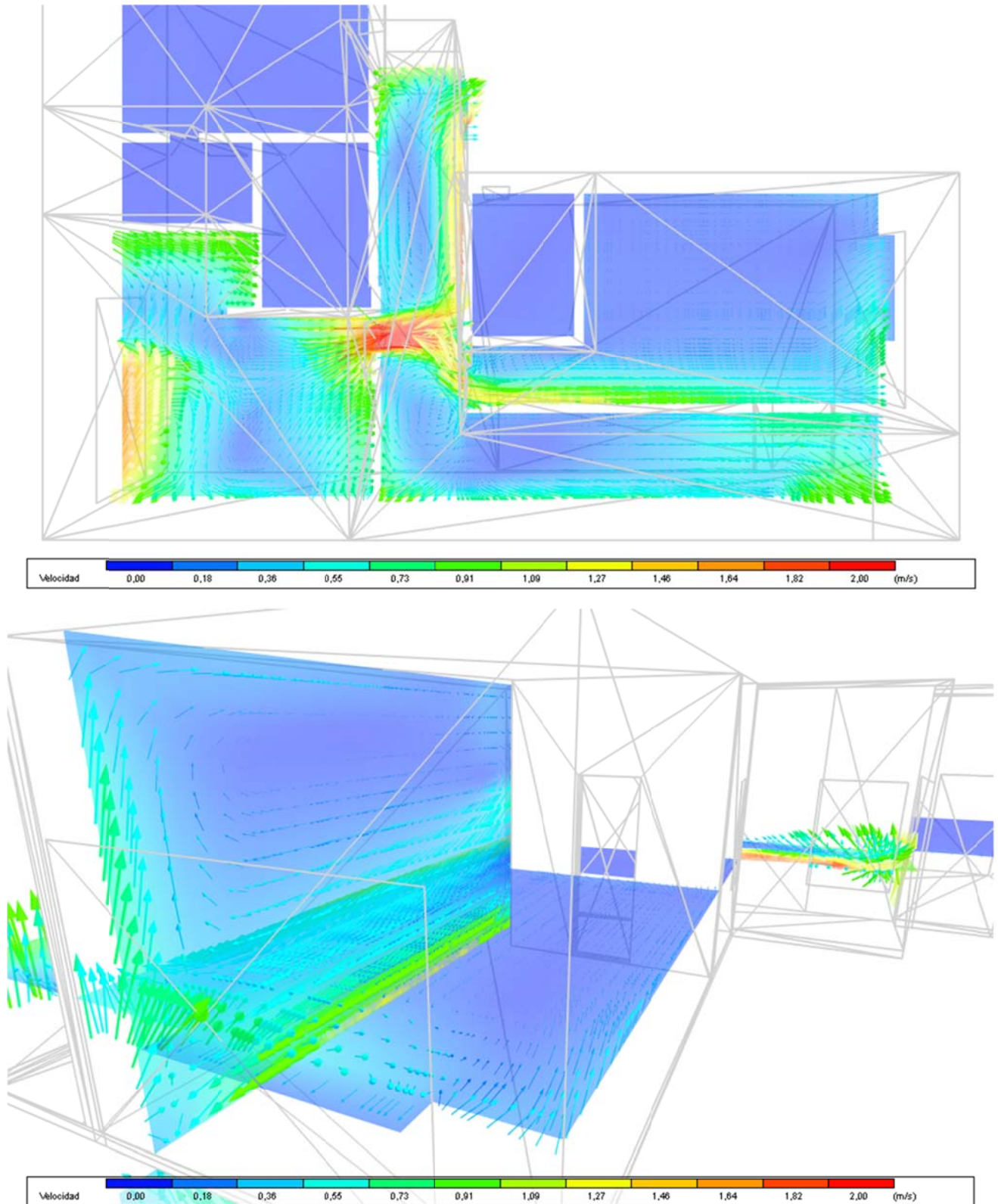


Figura 110. Velocidades del viento (m/s). Planta baja y detalle del dormitorio principal.